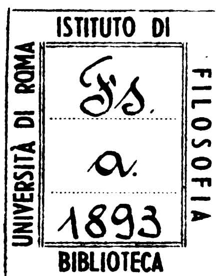
IL METODO SPERIMENTALE

NELLE

DISCIPLINE BIOLOGICHE




ISTITUTO DI
UNIVERSITÀ DI ROMA
FILOSOFIA
Fs.
a.
1893
BIBLIOTECA

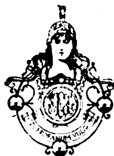
Prof. FILIPPO BOTTAZZI
della R. Università di Napoli

IL METODO SPERIMENTALE

NELLE

DISCIPLINE BIOLOGICHE

« La sapienza è figliola della sperienza ».
LEONARDO DA VINCI



1906

SOCIETÀ EDITRICE LIBRARIA

MILANO - VIA KRAMER, 4 A - Gall. De Cristoforis, 54-55

Milano - Tip. Indipendenza - Corso Indip., 23

ALLA

CARA E VENERATA MEMORIA

DI

MIO PADRE

INDICE DEI CAPITOLI

CAPITOLO I.

Elementi di Metodologia scientifica

« . . . les questions de méthode, étant toujours les plus générales, sont celles dont l'importance est à la fois la plus profonde et la plus étendue ». E. LITTRÉ, *Médecine et Médecins*, 3.ª edit., Paris, 1875, p. 170.

1. In ogni scienza è egualmente importante il rendersi conto, in ogni momento del suo progressivo sviluppo, dei principii e problemi fondamentali che tratta, come il conoscere e possedere il metodo esatto, secondo il quale debbono essere condotte le indagini, dirette a risolvere quei problemi, e interpretati i resultamenti di esse. Giacchè, se è vero che il porre bene un problema è un passo notevole verso la soluzione di esso (Whewell), e che, come disse Bacone, « prudens quaestio, quasi dimidium scientiae », è altrettanto vero che, senza una conoscenza esatta dei principii metodologici generali e della metodica speciale di ciascuna scienza, non si riesce che ad affastellare ipotesi non verificabili, e ad interpretare erroneamente i dati dell'osservazione e dell'esperimento.

Disgraziatamente, un pregiudizio volgare si ri-

sveglia nei giovani, quando sentono parlare di « metodo » — tale è la varia fortuna delle parole —, il pregiudizio che si tratti di cosa noiosa e pedante; e pure il Littré scrisse che « le questioni di metodo, essendo sempre le più generali, sono quelle la cui importanza è insieme la più profonda e la più estesa ». È vero che non esiste un metodo, il quale insegni a fare delle scoperte (1), e ciò potrà disilludere più d'un ingenuo; ma gli effetti più o meno lontani dell'impulso che una scoperta suol dare alla scienza spesso furono di minor rilievo, a punto per qualche difetto di metodo. Un assoluto difetto di metodo distingue la « filosofia naturale » degli antichi dalla « scienza naturale » moderna; mentre nelle epoche di transizione, ai tempi di Harvey, di Galileo, di Spallanzani, parve che una logica istintiva guidasse quegli spiriti grandi, i quali, pur essendo imbevuti dei vecchi principii metafisici, e pur lavorando alla semplice luce di massime euristiche, seppero ciò non pertanto, quasi incensapevolmente, anzi forse tanto meglio quanto più ignorarono le troppo decantate formule di Bacone da Verulamio, seppero — dico — creare coi proprii esperimenti il metodo, farsene i primi veri campioni. Giacchè, in verità, il metodo deriva dalle indagini sperimentali, in principio, e su esse si eleva; solo più tardi, quando esso è già stabilito saldamente, le dirige e guida. I primi sperimentatori furono guidati solo dal buon senso, dalla logica istintiva, e coll'opera loro crearono il metodo scientifico.

Ciò non dispensa, per altro, oggidì il naturalista dal possedere esatte conoscenze di metodologia scientifica; ed egli deve, inoltre, non solamente militare di nome sotto la bandiera del metodo sperimentale, bensì anche attuarlo sapientemente; il che non gli è possibile fare, ignorandone i fondamenti filosofici.

2. Parlare, in generale, del « metodo » nelle scienze naturali, in certo modo val quanto parlare del metodo sperimentale, perchè questo è, se non il solo, certamente il principale e il più razionale, avendo le sue radici nella logica scientifica e per questa nella teoria della conoscenza, e fondandosi essenzialmente sull'analisi e sulla sintesi, sull'induzione e sulla deduzione, come su cardini saldissimi comuni a ogni indagine naturalistica.

Con ciò io non presumo di bandire affatto dall'àmbito delle scienze naturali il metodo della pura osservazione, semplice e diretta o coadiuvata e acuita da strumenti adequati. So bene che l'osservazione è per alcune scienze, come per l'astronomia, in quanto non è meccanica celeste e astrofisica, e in parte anche per la geologia ecc., quasi l'unico mezzo capace di fornirci conoscenze; e che, ciò non ostante, l'astronomia è fra le scienze più progredite, presentemente. Non posso nemmeno dimenticare che il metodo dell'osservazione comparativa ha dato finora ottimi resultamenti nella biologia, specie nella sistematica e nell'embriologia. Ma nessuno, spero, vorrà disconoscere che l'applicazione del metodo

sperimentale, dove sia possibile, conduce assai più a dentro nella conoscenza dei fatti naturali, e che essa abbrevia il lavoro del naturalista, come dimostrerò diffusamente appresso.

Tuttavia, il còmpito dell'osservazione non è per questo menomato, specialmente se si considera che nell'osservare la mente non rimane passiva, lasciandosi rimorchiare dalla corrente delle sensazioni, e che l'attenzione con la quale l'osservatore vaglia e discerne i fatti è un'attività altrettanto intensa che quella necessaria a eseguire un esperimento. Un'osservazione ben fatta, dice Herschel (2), comprende due parti: la descrizione esatta del fenomeno osservato, e la notazione di tutte le circostanze particolari che sembrano avere con esso qualche relazione. Onde nell'osservare dobbiamo aver cura « di tenere in attività tutti i nostri sensi », affinchè loro non sfugga nulla di quanto può impressionarli. Necessario complemento dell'osservazione è il confronto, come diremo meglio appresso, e la classificazione dei fatti o degli oggetti osservati e delle proprietà di questi. La classificazione è il grado più alto cui porta il metodo scientifico in quelle scienze, le quali non hanno ancora progredito abbastanza nella conoscenza del loro oggetto per potersi valere dei procedimenti superiori, che consistono nell'esperimento, nell'applicazione dell'induzione e della formulazione matematica. In realtà, però, tutte le scienze, anche le più progredite, incominciano dall'osservare, confrontare e classificare:

ciò non va dimenticato, ma poi vanno oltre, il che costituisce la loro superiorità.

E finalmente, anche quando sull'osservazione si eleva l'esperimento, i resultati di questo debbono a loro volta essere acutamente osservati, se si voglia interpretarli logicamente. Così che l'osservazione si trova all'inizio e al termine del cammino che batte lo sperimentatore naturalista; non al termine però cui tende il moderno filosofo della natura, il quale aspirando a una scienza deduttiva universale, vedrebbe terminato il suo còmpito solo quando pervenisse ad esprimere una serie di fatti naturali con una formula matematica generalissima feconda d'infinite deduzioni.

3. Fin qui, ho limitato le mie considerazioni alle sole scienze naturali, le quali senza dubbio sono il terreno dove meglio attecchisce il metodo sperimentale. Vediamo, per altro, se questo metodo sia anche applicabile all'altra categoria di scienze, che sono dette politiche e morali.

Ormai da tutti s'ammette che queste discipline possono dirsi *scienze*, se si consenta a dare il nome di scienza ad ogni sviluppo normale e metodico delle nostre cognizioni naturali. Certamente le *scienze normative*, come le ha chiamate Wundt: la logica, l'estetica e la morale, e poi anche la psicologia, la sociologia, la storia politica civile letteraria ecc. mancano del rigore che caratterizza le scienze naturali. Queste sono il dominio del determinismo scientifico, del principio di causalità, della necessità; in quelle non

esiste sicurezza d'identità di fenomeni, prevale il principio di finalità, l'idea dell'obbligazione morale e del dovere. Nel mondo fisico — dice Lalande (3) — le qualità apparenti dei corpi si spiegano riconducendole ad un meccanismo (v. in fine di questo scritto), che stabilisce tra loro un'equivalenza e perfino una identità latente sotto la molteplicità delle forme. Ciò impoverisce senza dubbio la varietà delle nostre sensazioni; ma almeno quel che rimane è intelligibile, e poi che vi possiamo applicare la matematica, ce ne possiamo servire per regolare il mondo che ci circonda. Ma nel mondo morale la cosa è assai diversa. Qui non abbiamo più se non qualità, ossia elementi eterogenei; fra due fenomeni psichici che si succedono non possiamo scoprire nessuna equivalenza, e nemmeno fra un fenomeno psichico e un fenomeno fisico qualsiasi; qui la varietà e la ricchezza sono straordinariamente grandi, e nessun processo di riduzione riesce ad ottenere quegli effetti che si ottengono nelle scienze naturali.

4. Tuttavia il mondo interiore, se non è *totalmente* intelligibile, non è perciò disordinato. Infatti noi vi scopriamo due specie di leggi, lo studio delle quali costituisce l'essenza di tutte le scienze morali: leggi di successione costante, che ci son rivelate dall'esperienza, e leggi di finalità, che la ragione ci propone come regole da seguire.

Le prime appartengono alla psicologia, fondamento di tutte le scienze morali, che descrive i fenomeni psichici, li confronta, li classifica e giunge, mediante

l'osservazione, l'ipotesi e, in parte anche, mediante l'esperimento, a dire in quali condizioni si producono, come si modificano, si associano, si alterano ecc. La psicofisica, la fisiologia psicologica o meglio psicologia fisiologica, la psicologia sperimentale e comparata sono le parti della psicologia alle quali il metodo scientifico è stato più ampiamente applicato, sebbene i frutti che se ne sono ottenuti si siano mostrati inferiori e per numero e per qualità a quanto s'aspettava. Anche nella psicologia introspettiva propriamente detta, dove i dati immediati della nostra coscienza sono gli oggetti d'indagine, la semplice osservazione, con la comparazione e la classificazione, ha dato resultamenti notevoli.

5. Relativamente estranee al metodo sperimentale, rigorosamente inteso, rimangono invece le vere scienze morali normative, nelle quali, dissi, predomina il principio di finalità e le idee di dovere, d'intenzione, d'obbligazione. Le tre scienze normative: la logica, l'estetica, la morale, corrispondono alle tre forme dell'attività psichica dell'uomo: l'intelligenza, la sensibilità, la volontà. La prima di queste si propone come scopo il vero, la seconda il bello, la terza il bene. A queste scienze il metodo sperimentale non può essere applicato, perchè l'osservazione, l'ipotesi e l'esperimento possono bensì rivelare ciò che accade, non ciò che *deve* accadere. Nemmeno i primi processi, quello di comparazione per es. per trarne poi induttivamente delle regole, possono essere applicati in un campo dove la critica deve procedere per via

deduttiva. Che cosa si direbbe di un'estetica, la quale per mettere in chiaro la nozione del bello, raccogliesse alla rinfusa i capolavori dei maestri e gli sgorbi dei pittori d'insegne, le statue greche e gl'idoli dei selvaggi, e poi soggiungesse: prendete la media di tutti questi fatti e avrete il bello? Questo metodo è eccellente per stabilire una legge quando si sa già prima che essa non può soffrire eccezione, come appunto accade in fisica. Ma nelle scienze normative, dove il carattere proprio delle leggi è quello di poter essere in molti casi violate, quale resultato si potrebbe attendere da un'induzione condotta in questo modo?

Tuttavia è necessario riconoscere, per non omettere nulla, che dopo il metodo razionale analitico-deduttivo, mediante il quale si gettano i fondamenti delle scienze normative, il metodo dell'osservazione comparativa e analitico-induttivo può essere loro applicato per chiarire certe questioni secondarie. Ciò accade tutte le volte che alla nozione del mondo, quale dovrebbe essere, si paragona quella del mondo reale. Ma questo equivale a introdurre nella logica, nella morale o nell'estetica un frammento di psicologia speciale. Così la logica formale diventa logica pratica o metodologia; l'estetica pura scende dal suo soglio e diventa scienza dell'applicazione dei principii generali dell'arte alla poesia, alla musica, alla pittura ecc. La morale meno consente questa unione con la condotta reale dell'uomo per il tramite dei mezzi che fornisce il metodo scientifico. Solo nel

senso qui detto, dunque, si può ammettere che le scienze normative, se non vogliano rimanere pura teoria, non possono nemmeno esse far a meno assolutamente del metodo sperimentale. Non sono forse esperimenti quelli che si fanno durante l'educazione d'un giovinetto, quando cioè si cerca di modellare la sua condotta conforme ai principii dell'etica pura?

6. Alle scienze normative si riannodano intimamente le scienze politiche e sociali, le scienze storiche, giuridiche, filologiche, linguistiche. Esercitando le sue tre attività fondamentali, l'uomo compie delle azioni: costituisce le scienze, fa del bene o del male, eseguisce opere d'arte.

Allo studio di tutte queste manifestazioni dell'attività spirituale dell'uomo il metodo scientifico può essere più o meno integralmente applicato, secondo che esse partecipano più o meno delle scienze descrittive-esplicative o delle scienze normative.

Nella storia, p. es., sia civile o letteraria, delle scienze o delle arti, il metodo scientifico, e propriamente l'acuta osservazione (retrospettiva) dei fatti bene accertati, la comparazione e classificazione di essi, e inoltre l'esercizio dell'ipotesi e dell'induzione, fatto con lo stesso rigore con cui si suol fare nel campo delle scienze naturali; nella storia, dico, il metodo scientifico può dare e ha dato resultamenti di grande rilievo.

Finalmente la filologia e la linguistica sono essenzialmente fondate sul metodo delle variazioni, non volontarie, ma spontanee. La scienza del linguaggio

poi si è elevata di molto, e potrebbe quasi dirsi scienza sperimentale, in quanto s'avvantaggia di cognizioni di fisiologia e di psicologia sperimentale.

7. Tornando per un momento ancora alle scienze storiche, dirò che esse sono per eccellenza scienze d'erudizione; e se si vuole avere un motivo per tenerle meno in dispregio di quel che fanno certi naturalisti, basta pensare che esse, realmente, si dividono in due grandi categorie, secondo che hanno per oggetto l'uomo o la natura. Distinguiamo infatti la *storia umana* (civile, religiosa, politica ecc.) e la *storia naturale*. L'una e l'altra sono basate sull'osservazione e la comparazione, e non vanno oltre la classificazione. La botanica e la zoologia, nel senso ordinario della parola, sono la storia delle piante e degli animali; e se si nega il valore di scienza alla *storia civile*, si dovrebbe anche negarlo alla botanica, perchè anche questa non è se non una raccolta di notizie riguardanti la conformazione, l'aspetto, le condizioni di vita delle piante ecc.

Se non che le varie *storie naturali* rimasero allo stesso livello delle *storie civili* solo fino a una certa epoca dello sviluppo intellettuale umano; da parecchio tempo le prime sono divenute *scienza naturale*, grazie all'applicazione integrale che esse hanno potuto fare del metodo sperimentale; mentre una *scienza della psiche umana* e quindi della *condotta dell'uomo* è assai di là da venire.

Tuttavia non si deve dimenticare che non tutte quelle che si dicono scienze naturali sono veramente

scienze. Alcune di esse rimangono sempre al livello delle scienze di pura erudizione o storiche; p. es. la meteorologia, la così detta scienza delle maree ecc. Altre solo da poco tempo hanno cominciato ad ascendere verso la dignità di scienze, sia mediante l'applicazione integrale del metodo sperimentale, sia valendosi dei principii e dei mezzi già stabiliti dalle scienze naturali più sviluppate, come la fisica: dico le scienze biologiche, in generale, e meno di tutte la medicina pratica.

8. In conclusione, le scienze naturali sono quelle nelle quali il metodo sperimentale trova la più ampia applicazione; ed è di esse quindi che io voglio qui fare più particolare discorso. E propriamente, messe da un canto quelle che consentono solo fino a un certo punto l'indagine sperimentale, rimangono la fisica, la chimica e la biologia come le più privilegiate.

Ma la fisica e la chimica sono universalmente riconosciute come scienze sperimentali, per eccellenza; anzi, in certe parti, hanno oltrepassato il periodo sperimentale e sono divenute o cominciano a divenire scienze deduttive; sarebbe quindi ozioso indugiarsi a dimostrare il vantaggio che esse derivano dalla rigorosa attuazione del metodo scientifico.

Non egualmente ovvia apparisce già a tutti i cultori delle scienze naturali la verità, che anche la biologia deve rigorosamente valersi di quel metodo in ogni ricerca tendente ad aumentare il patrimonio delle nostre conoscenze dei fenomeni della vita; il che non esclude la possibilità di applicazione di altri

principii e metodi quando fossero riconosciuti efficaci. C'è ancora chi dubita, infatti, che il metodo sperimentale meriti grande considerazione nel campo delle discipline biologiche, specie della fisiologia e della medicina pratica. È necessario dunque che su tale punto richiami principalmente l'attenzione degli studiosi; il che farò trattando in generale dell'applicabilità del metodo alla biologia.

9. Io non ho bisogno d'indugiarmi ad esporre gli elementi del metodo sperimentale, che ogni naturalista deve possedere e costantemente tradurre in pratica. Dirò soltanto che esso comincia con l'isolare e variare volontariamente una o più delle circostanze, già bene osservate, che accompagnano o costituiscono il fenomeno in esame; e che ha per potentissimo motivo il bisogno che tutti sentiamo di sollevarci alla comprensione causale dei fatti naturali, concatenati nello spazio e nel tempo. Questo metodo, esigendo un attivo intervento, un volontario prepotente interporsi fra gli avvenimenti della natura, è attuato da uomini operosi e fecondi, più che da contemplativi, magari avvedutissimi. Per esso, quando sia possibile, le circostanze dei fenomeni sono trasformate in condizioni; o meglio fra le prime viene additata la condizione, o le condizioni necessarie e sufficienti, ossia le « cause » dei medesimi. Spesso, niuna delle circostanze discernibili apparisce come condizione del fenomeno, che però rimane avvolto di mistero; e v'ha chi dubita che di certi fenomeni siansi mai per trovare le « cause », che essi siano mai per es-

sere « spiegati », cioè ricondotti ad altri fenomeni noti, con soddisfazione del nostro bisogno di spiegazione causale. Ma è questa un'anticipazione certamente ingiustificata, nel suo assolutismo, avendo noi soltanto il diritto di affermare che ancora moltissimi fatti naturali non sono stati spiegati, mentre molti altri, dopo lunga e forte resistenza, alla fine cedettero agli attacchi iterati dell'analisi sperimentale.

10. Dissi che in alcuni casi questa non è applicabile. Allora si suole anche ricorrere ad « esperimenti indiretti », che sovente si risolvono in contraffazioni degli esperimenti diretti, impossibili a farsi; perchè, come ben dice il Wundt (4), se, come nell'esperimento del Plateau, non si ha una vera prova, ma un tentativo ingegnoso di rendere materialmente intuitivo il fenomeno del distaccarsi dell'anello di Saturno dal nucleo del pianeta, non si vede bene che cosa l'esperimento aggiunga alla verosimiglianza dell'ipotesi emessa sulla formazione del pianeta stesso. E in biologia simili tentativi pur troppo abbondano. Per non citare gli antichi, spesso ingenui, ricorderò le, in verità proficue, imitazioni di strutture protoplasmatiche con schiume di varia composizione fatte dal Bütschli; l'esperimento dell'Engelmann tendente a rendere intuitiva l'ipotesi che l'energia meccanica nel muscolo si generi direttamente dal calore; quelli di M. Heidenhain, con i quali egli tenta di imitare la « meccanica » della cariocinesi; quelli del Rhumbler, ed altri che tralascio per amore di brevità. Ebbene: a me sembra che,

anche quando l'esperimento indiretto sia stato logicamente concepito ed esattamente eseguito, esso lasci tuttavia freddo e scettico l'osservatore, che preferisce l'esperimento diretto, dove è possibile, e la vigile aspettativa, dove no.

11. Ormai tutti sono d'accordo nell'ammettere che molto maggior fiducia va messa nei fatti sperimentalmente studiati, come quelli che dànno maggior garanzia di esattezza scientifica.

Giacchè uno dei còmpiti principali della ricerca sperimentale consiste appunto nel correggere molte antiche e nuove false dottrine basate sulla semplice e superficiale osservazione dei fatti naturali, o costruite con l'aiuto della dialettica. Non giova farsi illusioni: la mera osservazione comparativa spessissimo conduce a interpretazioni errate, perchè i nostri sensi c'ingannano grossolanamente, se la mente accoglie senza controllo quel che essi le dànno; là dove si dimostrano strumenti finissimi di conoscenza quando sono guidati da principii metodici retti, e le loro notizie sono convenientemente vagliate. Ora, non v'ha mezzo migliore e più sicuro dell'analisi sperimentale, per rettificare le notizie fornite dai sensi.

« La sola pietra di paragone della realtà fisica è l'esperienza sensibile..... La testimonianza dei sensi è contraddittoria, solo perchè il dato momentaneo di ciascuno di essi è frammentario, e ha bisogno di essere controllato e rettificato, sia mediante altri dati dello stesso senso, sia mediante dati di altri

sensi. Quando il viaggiatore nel deserto vede innanzi a sè un lago che gli sfugge continuamente e finisce per scomparire, essendo un effetto di miraggio, si suol dire ch'egli è stato ingannato dai suoi sensi, la massa d'acqua supposta essendosi addimostrata una mera parvenza priva di realtà. Ma, veramente, i sensi non lo ingannavano punto. Il lago era altrettanto reale quanto l'immagine. L'inganno veniva dalle induzioni erronee che egli faceva, non tenendo conto di tutti i fatti. Egli dimenticava, p. es., o ignorava che la refrazione dei raggi provenienti dall'oggetto reale ne alteravano la direzione, e quindi la posizione apparente dell'oggetto. La vera distinzione, dunque, fra l'apparente e il reale è che il primo è un dato parziale dei sensi, il quale vien preso per il dato totale. L'inganno o l'illusione deriva da questa circostanza, che i sensi non sono interrogati convenientemente e compiutamente, o che non li si ascolta sino alla fine » (5). È appunto il metodo sperimentale che, meglio d'ogni altro, può insegnare a bene interpretare le loro testimonianze. Nello stesso senso Cl. Bernard (6) diceva che « lo sperimentatore pone dei quesiti alla natura; ma . . . come essa parla, bisogna che e' si taccia; egli deve constatare quel che essa risponde, ascoltarla fino alla fine, e, in tutti i casi, sottomettersi alla decisione di lei ». Lo sperimentatore « non deve mai rispondere in vece della natura, nè ascoltare incompiutamente le risposte di essa, non accettando negli esperimenti se non quella parte dei resultati che appoggiano o confermano l'ipotesi . . . ».

Tutta la storia delle scienze naturali sta a provare quel che sopra è detto. Aristotele non metteva in dubbio che il bianco, il nero e gli altri colori avessero un'esistenza obbiettiva. Ora, per lui il còmpito del filosofo naturalista consisteva solamente nell'assumere sotto un concetto unico e generalissimo il tutto insieme dei fenomeni luminosi così concepiti. Questo concetto era l'« attività del trasparente », che era la condizione di tutti i fenomeni luminosi e dei colori. I colori erano per lui altrettante proprietà degli oggetti, che però si realizzavano mediante la luce, cioè solo per mezzo dell'« attività del trasparente ». La capacità di essere impressionati dalla luce e dai colori viene attribuita a ciò, che il « trasparente » esiste tanto dentro quanto fuori dall'occhio. È chiaro che, in questa teoria, all'immediato contenuto delle sensazioni vien data, senz'altro, realtà obbiettiva; esso vien messo semplicemente sotto certi concetti generali, che sono conformi al sistema filosofico proprio dell' Autore.

Viene lo sperimentatore, Isacco Newton, il quale avendo scoperto che un raggio di sole, attraversando un prisma, viene scomposto in raggi colorati divergenti, comincia a dubitare dell'esistenza obbiettiva indipendente della luce bianca; e dal dubbio è guidato ad altri ingegnosi esperimenti, per i quali finalmente egli conchiude, che la luce solare non è semplice, ma composta di raggi colorati di refrangibilità diversa.

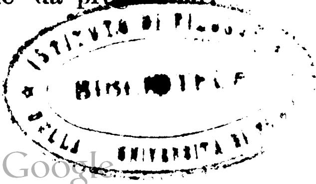
Per analogia rispetto a quanto già si conosceva

dei vasi sanguigni, e forse come effetto del bisogno istintivo di materializzare il sentimento d'un impulso volontario, per secoli si pensò che i nervi fossero cavi, e che per essi corresse dal cervello un fluido, il quale, giunto nei muscoli, li gonfiasse, provocandone l'accorciamento. Tale teoria non fu potuta abbattere avanti che un semplicissimo esperimento mostrasse che i nervi non sono cavi, e nemmeno i muscoli, e che questi possono contrarsi anche fuori dall'organismo, separati dal cervello e anche dai nervi, quando siano direttamente stimolati.

Mi si dirà che nei tempi antichi l'osservazione serena era però turbata dalla prevalenza della dialettica, la quale ad essa si sostituiva, ostacolandone il cammino fin dai primissimi passi. Non nego; ma non è men vero che l'indagine sperimentale ha avuto il merito di rompere l'unione dell'osservazione superficiale con la vecchia logica formale, di disperdere la massima parte degli errori che da cotale unione erano fermentati, liberando la via da quasi tutti gli ostacoli, onde era impedito l'incesso trionfale della scienza nuova, e di creare la metodologia scientifica.

12. Uno dei còmpiti principali dell'indagine sperimentale è quello di sradicare antichi pregiudizii, quando siano già riconosciuti dannosi all'incremento della scienza.

Le scienze naturali, in generale, e la biologia, in specie, sono inquinate non solo da errori metafisici, come vedremo appresso, ma anche da pregiudizii.



d'ogni genere; i quali, se non sono, come i primi, insiti alla nostra costituzione mentale, sogliono radicarsi non meno profondamente nel nostro intelletto. Le tendenze conservative e schematiche dello spirito umano hanno creato i pregiudizii scientifici; ma la scienza deve disperderli a misura che si vien perfezionando. Ecco che cosa scrive, per altro, a proposito dei pregiudizii, E. Mach:

« Un giudizio a noi consueto e applicato senza cautela di prova ad un fatto nuovo, è ciò che diciamo pregiudizio. E chi non ne conosce la formidabile potenza! Ma di rado pensiamo all'utilità e all'importanza che il pregiudizio può avere. Come, fisiologicamente, nessun uomo potrebbe vivere se dovesse per mezzo di azioni volontarie e meditate promuovere e intrattenere nel proprio corpo la circolazione del sangue, la respirazione e la digestione, così pure nessun uomo avrebbe un'esistenza intellettuale se fosse costretto a formulare il suo giudizio sopra tutto ciò che gli accade, invece di lasciarsi guidare, come spesso avviene, dai proprii pregiudizii. Il pregiudizio è una specie di movimento riflesso, nel dominio dell'intelligenza. Sopra pregiudizii, vale a dire sopra giudizii consuetudinarii, di cui non si è in ogni caso singolo sperimentata l'attendibilità, si fonda una buona parte degli espedienti e delle considerazioni dello scienziato; sopra pregiudizii si fonda la maggior parte degli atti della società umana. Se d'improvviso scomparissero tutti i pregiudizii, la società stessa si dissolverebbe ».

L'utilità conservativa del pregiudizio, sostenuta dal Mach in una forma che può sembrare paradossale, resulta anche meglio dalle seguenti ulteriori sue considerazioni: « una eccessiva adattabilità ad ogni nuovo fatto impedisce il formarsi di qualsiasi stabile abito cogitativo; ma gli abiti cogitativi troppo rigidi sono di ostacolo alla libera osservazione. La nostra visione intellettuale si allarga nella lotta, e per così dire nel compromesso fra giudizio e pregiudizio ».

Ho voluto citare *in extenso* questi passi del profondo pensatore, perchè nessuno scienziato, forse, si trova più frequentemente del fisiologo sperimentatore in quella lotta, nella quale può dar prova dell'indipendenza del suo spirito e dell'acutezza del suo sguardo indagatore.

Ardua impresa sarebbe il voler solamente numemerare i pregiudizii che dominano tuttora, specie nel campo delle discipline biologiche. Mi basti invece osservare che il valore conservativo di qualsiasi pregiudizio sussiste soltanto fino al momento in cui la scienza, sempre progressiva, non abbia fatto il primo passo oltre i confini di esso. Da questo momento comincia ad imporsi allo scienziato il dovere di liberarsi dal vecchio pregiudizio, pur sapendo magari di andare incontro ad uno nuovo, che però si presume essere meno lontano dalla realtà. L'elasticità, direi quasi, dello spirito umano deve consistere appunto in ciò, nel sapersi districare in tempo dai legami dei pregiudizii divenuti dannosi, perchè ostacolanti il libero giudizio di fatti nuovi.

13. Il metodo sperimentale trova un aiuto potente nella *comparazione*, ed è da questa completato in due maniere: « primo, perchè il metodo comparativo è applicabile (come abbiamo già detto) a tutti quei casi, che non possono essere trattati sperimentalmente; in secondo luogo, là dove l'unione dei due metodi è possibile, il comparativo colma le lacune lasciate dall'altro. Tutt'e due insieme esauriscono le forme generali della metodica delle scienze naturali. Volontaria variazione dei fenomeni e osservazione comparativa dei medesimi, nei rapporti nei quali essi immediatamente si offrono alla nostra attenzione, costituiscono i soli mezzi possibili di una indagine scientifica della natura » (7).

Il principio di comparazione si trova alla base d'ogni nostro atto cogitativo, perchè esso è il procedimento naturale nella formazione dei concetti. Gli elementi di questi sono prima raccolti, e poi comparati, e la comparazione porta alla separazione degli elementi dissimili e all'unione degli elementi simili o concordanti. Un analogo procedimento comparativo nelle scienze naturali fa sì che dai singoli dati sperimentali nasca la parte teorica, o generale di ciascuna scienza, alla quale deve necessariamente condurre il progresso scientifico. « In realtà — dice il Mach (8) — gli svariati metodi di ricerca naturale enumerati da John Stuart Mill: il metodo dell'adattamento intenzionale dei pensieri, quello dell'osservazione e quello sperimentale, si possono considerare come forme di un unico metodo fondamentale,

quello delle variazioni. Infatti lo scienziato impara mediante la variazione delle circostanze ». « Il metodo delle variazioni ci mette innanzi casi analoghi di fatti, nei quali è contenuto un certo numero di elementi comuni e un certo numero di elementi diversi. Solo mediante la comparazione di varii casi di refrazione della luce sotto diversi angoli d'incidenza si può venire a conoscere l'elemento comune, ciò è la costanza dell'esponente di refrazione ; e solo confrontando la refrazione dei diversi colori la nostra attenzione può essere colpita dall'elemento che ne costituisce la differenza, ciò è la diseguaglianza degli esponenti di refrazione. La comparazione, provocata dalla variazione, guida la nostra mente tanto alle più alte astrazioni, quanto alle più sottili distinzioni ». « Non v'ha dubbio che anche l'animale può riconoscere ciò che è di comune e ciò che è di particolare in due diversi casi.... Ma soltanto l'uomo raggiunge l'attitudine alla comparazione volontaria e cosciente, così da potere, mediante l'astrazione, assurgere fino al principio della conservazione della massa e dell'energia, e dall'altro lato osservare l'aggrupparsi peculiare delle linee spettroscopiche del ferro ».

14. Dall'applicazione del principio di comparazione alla fisiologia nasce la *fisiologia comparata*, la quale, come diremo, è la base della fisiologia generale. Ma il principio di comparazione può avere due applicazioni agli organismi viventi: l'una d'indole più limitata, e che con Cl. Bernard può dirsi « sperimen-

tazione comparativa », l'altra di portata più generale, perchè infatti conduce alla formulazione dei principii e leggi della fisiologia teoretica. Col Wundt, potrebbe esser detta la prima « comparazione individuale », la seconda « comparazione generica ».

Si fa un esperimento comparativo ogni volta che si hanno davanti, per es., due animali, nei quali tutte le rimanenti condizioni sono eguali, eccetto una, p. es. l'ablazione d'un organo, i cui effetti sono espressi dalla differenza che si osserva nel comportamento successivo dei due animali. L'esperimento comparativo può esser fatto anche su due parti simili e simmetriche di uno stesso animale. Per esempio, si vuol « isolare » l'azione del curaro sull'apparecchio neuro-muscolare dall'insieme dei fenomeni che succedono all'avvelenamento prodotto da quella sostanza. In una stessa rana, si allacciano i vasi sanguigni di uno degli arti posteriori, o si allaccia tutto l'arto, e s'inietta il veleno sotto la pelle del dorso. Poi che le due metà laterali del corpo si trovano nelle stesse condizioni, salvo che il veleno in uno degli arti posteriori può arrivare, per la via del sangue, ma nell'altro no, se i due arti presentano un contegno differente, ciò dipende dal fatto che in uno ha agito il curaro e nell'altro no.

Ognuno vede però come l'esperimentazione comparativa non va oltre il fatto di « ben isolare il solo fenomeno sul quale deve portarsi la nostra attenzione »; ma nulla ci dice sul determinismo del medesimo. Nell'esempio citato, non solo ci rimane da

indagare in che consista l'azione del curaro sull'apparecchio neuro-muscolare, ma ancora se e quale azione eserciti negli altri animali, prima di poter formulare una legge, per quanto limitata, dell'azione del curaro.

15. La fisiologia comparata propriamente detta, invece, spazia sopra il più ampio dominio della vita, abbracciando essa tutti gli organismi viventi, protisti vegetali e animali; ed è per ciò che sulla sua vetta è scritto: « fisiologia generale ». Ciò non ostante il bisogno di estendere, oltre che di approfondire, o meglio di estendere per approfondire, il campo delle ricerche fisiologiche, solo da tempo relativamente breve comincia ad esser vivamente sentito, perchè solo da poco tempo s'è compreso che una scienza generale non può esser fondata senza una vastissima conoscenza dei fatti che vi si riferiscono.

Con ciò non voglio dire che la fisiologia comparata sia nata ieri. Lazzaro Spallanzani fu forse il primo che intravedesse gli alti destini di questa scienza, e che ne traducesse in pratica i principii, come potè meglio coi mezzi che possedeva, e di cui seppe riconoscere, rammaricandosene, l'insufficienza. In un luogo del suo celebre scritto sulla *Respirazione* (9), parla delle controversie esistenti al tempo suo, loda gli esperimenti fatti sugli animali superiori, e aggiunge: « .... oso dire che tolte di mezzo si sariano più facilmente le controversie, studiando maggior numero di viventi nelle diverse loro classi, senza ommettere quelli che formano gli ultimi anelli nella

catena dell'animalità. Chè anzi da questi io porto avviso che si dovesse prendere cominciamento, siccome per la loro semplicità i più agevoli ad essere espiati; poi di genere in genere, di classe in classe, salire come per gradi agli animali più composti, per giungere in fine a conoscere il meccanismo della respirazione dell'uomo. E a vero dire, questa è sempre stata la massima dei savii uomini, di prendere da prima in considerazione le cose più semplici, più picciole, volendo venire a lume delle più astruse e più grandi. Senza che variando immensamente l'organismo della respirazione secondo la prodigiosa diversità degli animali, era troppo presumibile che inaspettate e preziose notizie si dovessero aspettare da questo genere di ricerche ».

Nel 1808, Fed. Tiedemann, nella introduzione alla sua « Zoologia », scrisse: « Veramente il tempo è ormai giunto, che la zoologia si sollevi sopra una raccolta di semplici descrizioni di animali, e sopra i sistemi unilaterali; essa deve trasformarsi in fisiologia, ossia nella dottrina della vita degli animali... Un altro passo verso una « Fisiologia Generale » consiste nell'osservare i fenomeni della vita nei varii tessuti, organi e sistemi, e propriamente prima negli animali semplici e poi nei composti, fino ai più complicati. Quindi bisogna descrivere il rapporto reciproco fra le manifestazioni della vita nei differenti organi, sotto l'influenza di azioni simili e diverse. Inoltre è necessario scoprire le relazioni degli animali col mondo esteriore, in quale elemento vivono

in quale clima dimorano, quale aria respirano, in quale grado sono esposti all'azione della luce, qual'è la natura dei loro alimenti ecc.; e come s'accorda la formazione degli organi di senso, del movimento, della respirazione e della nutrizione con le influenze del mondo esteriore, e come essa si modifica per queste.... I passi ulteriori (verso la « Fisiologia Generale ») sono: assumere le leggi inferiori sotto punti di vista sempre più generali, fino a scoprire le più alte e generalissime della vita ». Egli poi teneva come vana impresa il tentativo di fondare un qualsiasi sistema di medicina, prima che fosse eretto l'edificio della « Fisiologia Generale ». A torto dunque il Verworn (10) afferma che fondatore della fisiologia comparata sia stato Giovanni Müller, poi che abbiamo visto dallo Spallanzani e dal Tiedemann il principio della comparazione dei fenomeni vitali e l'ideale altissimo di una « Fisiologia generale » essere stati così limpidamente formulati. Il Müller fu uno dei più strenui campioni di essa, e sostenne, con l'opera e con gli scritti, che la fisiologia non può essere se non comparata; ma non si deve dimenticare che non v'ha scritto fisiologico di L. Spallanzani, nel quale il principio della comparazione non sia più o meno rigorosamente attuato.

Il valore, dunque, della comparazione nella scienza dei fenomeni della vita è cresciuto in questi ultimi anni moltissimo nella estimazione degli studiosi, ma è stato riconosciuto da pochi eletti fin da tempo remoto. Ciò non toglie per altro che la fisiologia, in

confronto con la morfologia, che è quasi esclusivamente comparativa, abbia serbato sempre un'impronta di scienza prevalentemente sperimentale. Come la fisica, con la quale ha più strette analogie, essa è d'indole più attiva, e però sperimentale, il che distoglie alquanto dall'osservazione comparativa; ma senza dubbio, l'una e l'altra hanno vita e incremento dalla comparazione. Certo nella fisiologia non poteva sorger l'errore, che il semplice avvicinamento classificativo dei fenomeni vitali costituisse scienza; il il metodo storico-comparativo non poteva dare come resultamento una « Galleria di forme funzionali », analoga alla « Galleria di Antenati », per usare la espressione del Driesch (11), che ha poi servito alla costruzione della teoria della discendenza, fra i morfologi.

In tutte le fasi del suo sviluppo, la fisiologia, per l'indole dei fenomeni che studia, è stata prevalentemente portata verso l'indagine del lato energetico e quantitativo di ciascun fenomeno. Ciò è vero per le epoche, nelle quali la fisiologia si è principalmente preoccupata delle funzioni dell'organismo intero, considerato come una macchina, o degli apparecchi e sistemi organici e dei singoli organi, considerati come « meccanismi », nel senso che E. Kant e Kuno Fischer dettero a questa parola; ed è anche vero oggigiorno, in cui comincia a divenire scienza delle funzioni dei tessuti, ossia dei protoplasmi viventi differenziati. E quando l'analisi sperimentale comparativa, cioè l'unione feconda dei due metodi

fondamentali, di cui abbiamo sopra trattato, avrà esaurito l'enorme materiale che ha dinanzi; quando la sintesi succederà all'analisi, e l'unità sarà perfetta nella massima diversità; allora finalmente sorgerà la vera « Fisiologia generale » la quale potrà esser definita: « energetica dei protoplasmi viventi », e riconoscere come suo fondatore Roberto Mayer.

Questi infatti ha gettato le basi della fisiologia, così considerata, estendendo alla natura organizzata il principio della conservazione dell'energia. « Esiste in verità un'unica energia — egli scrisse (12) —. In eterno ricambio, circola essa per la natura morta o per la vivente. Nell'una e nell'altra, nessun processo senza mutazione di forma d'energia! »

Ma dall'ideale di una tal fisiologia generale, quanto siamo lontani! Non ostante i progressi fatti, possiamo forse anche oggi ripetere le parole che Cl. Bernard scrisse circa quarant'anni or sono: « Colui che tentasse oggidì una generalizzazione della biologia intera, proverebbe di non aver una conoscenza esatta dello stato attuale di questa scienza. Oggi il problema biologico comincia appena a esser posto .... bisogna prima accumulare e preparare i fatti che dovranno costituire la scienza dei corpi viventi .... Quando i fatti esistono in numero sufficiente e ben chiaramente stabiliti, le generalizzazioni non si fanno mai attendere ». Tanto la iattanza di alcuni, quanto il disperato sconforto di altri sono, però, ingiustificati, in biologia. Per ora e per molto tempo ancora

abbiamo un solo imprescindibile dovere, quello di cercar di colmare le innumerevoli lacune e di rettificare i moltissimi errori onde è inquinata tutta quanta la nostra scienza. Le audacie sistematiche generano una malsana fiducia nella nostra potenza speculativa e fiaccano le giovani forze capaci di avanzare; il pessimismo, d'altro lato, getta facilmente gl'impazienti nel misticismo vitalistico. Bisogna dunque saper aspettare, lavorando incessantemente sotto la luce del metodo sperimentale, e sperando nella conoscibilità di questo nostro mondo vario e magnifico. Si pensi al tempo che è scorso dall'epoca alessandrina a Newton, se non ci si voglia spaventare considerando il tempo che dovrà necessariamente passare prima che un Newton della biologia venga a formulare le leggi, molto più complesse, onde sono governati i fenomeni della vita. Noi forse ci troviamo, oggi, non molto più oltre un'epoca alessandrina della biologia!

Un gran bene è però l'essere finalmente giunti a riconoscere qual'è, per ora, il metodo migliore che dobbiamo seguire: l'osservazione comparativa e l'analisi sperimentale.

16. Uno dei còmpiti principali dell'osservazione comparativa è di preparare il materiale più conveniente all'indagine sperimentale. Spesso ci si affatica invano intorno alla soluzione di un problema, finchè non si sia trovato il tessuto o l'organo o l'animale più adatto all'indole di esso. Ciò dipende dal fatto che una data proprietà funzionale, se ben comune a tutte

le varietà di un tessuto o a molti organismi, è spesso eminentemente sviluppata in una sola varietà di un dato gruppo di esseri viventi.

La fisiologia comparata ha dunque il còmpito di esplorare, di saggiare il vastissimo terreno sconosciuto, e non è prevedibile quale e quanta messe di fatti nuovi essa raccoglierà e sottoporrà all'analisi sperimentale.

Di più, la sola fisiologia comparata ci abilita a discernere le proprietà generali della sostanza vivente dalle funzioni speciali degli organi e dei tessuti specifici, come il sangue, i nervi, gli organi di senso, gli organi clorofillici ecc. Nulla ha ritardato tanto il progresso della fisiologia e della patologia, quanto l'aver negletto la fisiologia comparata. Questa insegna che la secrezione, come atto intimo cellulare, è una funzione generale di tutti i protoplasmi viventi, ed avviene anche là dove non v'ha più circolazione. Quindi fu una perdita di tempo il cercar di spiegare la secrezione esclusivamente mediante esperimenti sulla pressione del sangue. Anche le ossidazioni organiche avvengono indipendentemente dalla circolazione, onde fu causa di una grande perdita di tempo il considerare il sangue come sede delle ossidazioni vitali. Si pensi all'enorme numero di lavori fatti, da Lavoisier in poi, per sostenere questa tesi, di cui non fu capace di scorgere la falsità nemmeno la mente acutissima di R. Mayer, il quale, forse appunto perchè dotato di alto intelletto filosofico, in certo qual modo istintivamente si tenne

lungi dalla pratica sperimentale, in tutta la sua vita. Un semplice esperimento comparativo, infatti, avrebbe abbattuto quella tesi d'un colpo. La fisiologia comparata ha mostrato in questi ultimi anni — principalmente per opera del Loeb — che le reazioni degli animali alla luce sono identiche ai fenomeni di eliotropismo delle piante, così che è un errore d'ora in poi attribuire tali reazioni a funzioni specifiche degli occhi e del cervello. Il sonno è un fenomeno che occorre negl'insetti e nelle piante; sarebbe dunque una perdita di tempo il tentare di spiegarlo esclusivamente con le modificazioni della circolazione cerebrale che avvengono negli animali superiori e nell'uomo (13).

Come si vede dagli esempi citati, e che potrei raddoppiare, la fisiologia comparata non solo è destinata a spazzar via una quantità di pregiudizii fisiologici, ma ha anche un'importanza economica di prim'ordine, perchè mostra le vie per le quali non si riesce a buon porto.

E un altro merito ha essa, quello di render cauti nel generalizzare. Nulla meglio dell'indagine comparativa giustifica la sentenza di Cl. Bernard, che le teorie non sono mai definitive, e che non bisogna credervi assolutamente. Chi avrebbe osato dubitare che l'immagazzinamento degli idrati di carbonio non avvenga in tutti gli animali principalmente in forma di glucogeno, dopo le ricerche del grande fisiologo francese e di tanti altri? E pure, vi sono dei Gasteropodi marini, i quali, pur essendo esclusivamente erbivori, non hanno glucogeno nel loro corpo.

Però, nei nostri laboratorii non è possibile coltivare lo studio della fisiologia comparata, non potendo essi offrire se non pochissime specie di animali vertebrati, e gl'invertebrati terrestri essendo in grande maggioranza poco adatti a moltissimi generi di ricerca fisiologica. È d'uopo dunque che i biologi (fisiologi e patologi) si rechino nei laboratorii delle Stazioni Zoologiche marine, fra le quali la più illustre e fornita di mezzi di studio è, senza dubbio, quella di Napoli.

Da quel che ho detto mi sembra che derivi chiaro il significato e lo scopo della fisiologia comparata e della patologia comparata, quali scienze destinate a preparare le future fisiologia e patologia generale. Di nome, queste esistono da molto tempo, almeno fin dalla metà del secolo passato, epoca (1851) in cui comparve un libro di Hermann Lotze intitolato: « Fisiologia generale della vita corporea ». Ma il titolo non fa il libro.

Più tardi, Cl. Bernard (14) in uno scritto intitolato: « Il problema della fisiologia generale » (1867), di questa definì l'indole e rilevò l'importanza. « La fisiologia generale — egli scrisse — per il suo oggetto si confonde con tutte le scienze degli esseri viventi, perchè essa analizza fenomeni che avvengono tanto nell'uomo, quanto negli animali e nelle piante. Ciò non pertanto essa rimane una scienza distinta, perchè essa tratta un problema speciale, che determina il suo proprio dominio ». « La fisiologia generale è (così) la scienza sperimentale che studia le proprietà della

materia organizzata e spiega i procedimenti e i meccanismi dei fenomeni vitali, come la fisica e la chimica spiegano i processi e i meccanismi dei fenomeni minerali ». Ma già prima, nel 1865, aveva scritto (15): « La fisiologia generale è la scienza biologica fondamentale verso la quale tutte le altre convergono. Il suo problema consiste nel determinare la condizione elementare dei fenomeni della vita ».

17. L'analisi sperimentale comparativa, però, non deve limitarsi agli organismi adulti, ma applicarsi anche allo studio dello sviluppo embrionale di essi. E poi che ogni sviluppo individuale implica uno sviluppo di forme organiche, qui non basta prendere in esame e determinare quantitivamente la corrente d'energia che passa per il sistema organico; ma ci si presenta in tutta la sua complessità il difficile problema delle variazioni qualitative, ossia delle condizioni determinanti le varietà di forma dell'energia, studio che comprende i più alti problemi della morfologia scientifica. Ma su ciò non posso indugiarmi. Qui voglio soltanto lamentare che le questioni concernenti la fisiologia dello sviluppo [mal detta « Meccanica dello sviluppo » da W. Roux (16)], sembrino affidate quasi esclusivamente a morfologi di professione. I fisiologi che si astengono da questo difficile agone tengono erroneamente la fisiologia per una grossolana tecnica macchinale e vivisettoria. Al contrario, la tecnica fisiologica è svariatissima, e non v'ha dubbio che anche le ricerche modernissime di « meccanica dello sviluppo » sono propriamente ri-

cerche fisiologiche, se ben rese in gran parte possibili dalla osservazione microscopica. Si pensi alle mutilazioni operate sui primi blastomeri, alle indagini fatte circa l'influenza di varie azioni esteriori (pressione, sostanze chimiche, elettricità ecc.) sopra lo sviluppo delle uova fecondate, alle recentissime ricerche del Loeb e di altri sulla fecondazione sperimentale di uova mutilate e simili, e si dica se tutte queste non sono ricerche di pura « Fisiologia embrionale » fatte da morfologi illuminati, eccetto Pflüger, Loeb, Herlitzka e pochi altri, che son fisiologi di professione.

18. Se unico è il metodo di ricerca per tutte le scienze naturali, quello dell'analisi sperimentale comparativa, ne segue che esse scienze si debbono aiutare scambievolmente, fornendosi i mezzi sperimentali di cui dispongono, e i principii che sono giunte a stabilire; e che per ciò la fisiologia, generalmente la biologia normale e patologica, essendo la più giovane e complessa delle tre scienze naturali fondamentali, è anche quella che si trova presentemente in condizioni da dover più ricevere dalle altre, alle quali tuttavia molto anche dà. Niuno di quei mezzi è da rifiutare, niuno dei principii è da trascurare, ma ciascuno di essi dev'essere applicato alla nostra scienza biologica con quei criterii che la special natura dei fenomeni vitali deve consigliare.

La fisica fornisca tutti i suoi mezzi, e siano questi i privilegiati, in ragione della maggior esattezza nei resultamenti che per essi può essere raggiunta, come

dimostrano le indagini di fisiologia fisica sui due più elevati organi di senso, sul circolo del sangue, sulla meccanica dei movimenti, sulla contrazione muscolare e, in parte anche, sul calore animale.

Tutti i suoi mezzi analitici fornisca la chimica organica, affinchè quello che suol dirsi « *substratum* materiale » dei fenomeni vitali sia rivelato in tutti i particolari di costituzione, e possa fondarsi una fisiologia chimica veramente scientifica. Su ciò non credo necessario insistere, perchè i frutti del molto lavoro che da per tutto si fa in questo campo fertilissimo sono ormai a tutti noti.

Utilissimi sono anche i mezzi e le conoscenze che possono fornire le discipline morfologiche, la tecnica di dissezione e la tecnica microscopica, comprendente la microchimica e microfotografica. Solamente sarebbe desiderabile che fossero eliminati pregiudizii diffusissimi, come questi: che le formazioni più appariscenti siano anche le più importanti, spesso essendo vero precisamente il contrario; che le strutture osservabili coi violenti mezzi che impiega la tecnica microscopica corrispondano precisamente alle strutture viventi; che le osservazioni morfologiche, per quanto numerose e comparative, permettano di fare illazioni sicure concernenti il determinismo dei fenomeni della vita, queste illazioni essendo spesso saggi della più stravagante e arbitraria speculazione; ed altri molti, che tralascio di rammentare.

Tutti i mezzi e i procedimenti d'indagine, tutti i metodi (usando questa parola in senso estensivo) non

riconosciuti erronei o inapplicabili alla biologia, debbono essere utilizzati per ora e fino a quando non abbiano esaurito il loro còmpito, il che non può dirsi oggidì, in modo assoluto, di alcuno di essi. Ma fra tutti, in ogni fase del progresso scientifico, qualcuno è sempre preminente, mostrandosi dotato di maggior potere, direi, penetrativo, di maggior capacità risolutiva rispetto ai difficili problemi che si propone la biologia. Fin qui nulla di male. Il male comincia, quando da certe scuole, non abbastanza critiche, si attribuisce all'uno o all'altro metodo di ricerca un valore assoluto ed esclusivo, come se si potesse con sicurezza prevedere sin da ora tutto quanto il cammino della scienza.

Presentemente, l'indirizzo predominante è quello chimico-fisico. È un dovere quindi dei fisiologi e patologi più illuminati di applicare i procedimenti e i metodi della chimica fisica alle indagini biologiche, senza disprezzare, per altro, chi lavora coscienziosamente servendosi dei mezzi più umili e consuetudinari. I fatti dimostrano che la detta applicazione dà resultamenti notevoli, tali che incoraggiano a proseguire per questa via promettente scoperte nuove e d'ordine più elevato e generale. In parte, ciò deriva dal fatto che, per tale indirizzo, possiamo avvicinarci assai più alle funzioni elementari dei protoplasmi, onde l'organismo vivente cessa di apparire allo studioso come un « meccanismo » più o meno complicato.

19. L'organismo vivente potrebbe essere rappresen-

tato come un sistema energetico stazionario, nel quale hanno luogo trasformazioni di energia simultanee e successive, e nel quale i fenomeni appariscono ordinati in gruppi periodici semplici e composti, talmente che l'altipiano della curva, con la quale si volesse raffigurare il sistema, assumerebbe un andamento ondulato, più o meno complicato. È un sistema di durata definita, ma variabilissima, secondo le varie specie degli esseri viventi; nel quale le varie forme d'energia che si sviluppano — meccanica, termica, elettrica, raggiante — traggono tutte origine da un'unica forma, che è l'energia chimica, tanto negli animali, quanto nelle piante; già che in queste l'energia raggiante del sole, senza la quale non potrebbero esse sussistere, si trasforma in energia chimica da prima, che è poi la sorgente di tutte le altre (17).

20. Ciò posto, ne segue che la fisica e la chimica teoretica sono le due scienze ausiliarie indispensabili alla biologia, le due scienze senza le quali il biologo altro non è se non un volgare osservatore o vivisettore, e il morfologo un ingenuo contemplatore e descrittore di forme enimmatiche.

In ogni ramo della biologia noi c'imbattiamo in problemi chimico-fisici. Se studiamo i liquidi dell'organismo, abbiamo da fare con questioni di pressione osmotica, di tensione di vapore, di viscosità, di equilibrii chimici, di dissociazione elettrolitica, di proprietà dei colloidi, di conduttività elettrica e simili. Se ci volgiamo allo studio più alto dei protoplasmi

specifici, ecco che ci troviamo di fronte ai problemi più ardui concernenti la trasformazione dell'energia chimica nelle altre forme d'energia — meccanica nei muscoli, elettrica in questi stessi e nei nervi, ghiandole ecc., raggiante negli organi luminiferi di molti animali inferiori, calorica in tutti protoplasmi viventi. Ma non basta. I problemi della termodinamica si presentano, per es., nella funzione muscolare. La trasformazione in energia meccanica nel muscolo avviene indirettamente, cioè per il tramite dell'energia termica, o, come si suppone oggidì dai più, direttamente, l'energia chimica trasformandosi in energia di pressione osmotica o di tensione superficiale con effetto contrattorio? L'elettrochimica dei protoplasmi viventi, specialmente dei muscoli e dei nervi, è anch'essa d'importanza capitale, e non possiamo farne a meno, se vogliamo sperare d'intendere le loro funzioni elementari.

Con questi ricordi, io voglio dire soltanto che la fisiologia non è una scienza, la quale possa essere studiata con mezzi semplici. Questi mutano secondo i tempi, si complicano col complicarsi dei mezzi che usano le scienze esatte, ausiliarie della nostra. Erano semplici un tempo; voler impiegar procedimenti semplici oggigiorno nell'indagine scientifica dei fenomeni della vita val quanto chiudere gli occhi per non guardarsi attorno, disconoscere volontariamente i progressi della fisica e della chimica teoretica, affermare arbitrariamente che la fisiologia non debba progredire a lato di quelle sue sorelle più mature.

21. Al contrario, noi dobbiamo sopra a tutto desiderare e sperare che avvenga per la fisiologia generale la stessa rivoluzione che ha da pochi anni radicalmente modificato la chimica. Questa scienza, infatti, la quale doveva finora costruire le proprie leggi induttivamente, con un faticoso lavoro sperimentale, oggi, con rapidità meravigliosa, per opera di Gibbs, di van der Waals, di van't Hoff, di Nernst, di Ostwald e di tanti altri, è entrata nell'àmbito delle scienze esatte, e le sue leggi, confermate *a posteriori* da numerosi esperimenti, cominciano ad essere derivate deduttivamente e secondo pure considerazioni matematiche dai principii dell'energetica, a cui si sono aggiunte poche ipotesi sussidiarie, quale la ipotesi molecolare, il concetto della pressione osmotica e dell'analogia fra soluzioni e stato gassoso dei corpi, e la ipotesi della dissociazione elettrolitica [G. Galeotti (18)]. L'edificio della chimica generale o teoretica è, dunque, ormai saldamente fondato; esso ci addita il cammino per il quale dobbiamo avviarci. Come la chimica si è elevata alla dignità di scienza esatta, dopo che ha cominciato a valersi della termodinamica, così è alla termodinamica che dovrebbero oggi finalmente rivolgersi coloro che si occupano di questioni fisiologiche. La termodinamica, nella sua parte fondata soltanto sopra due principii d'esperienza, ai quali, poi che li abbiam visti verificarsi in tutti i processi naturali, si assegna una validità universale, ci fornisce una serie di equazioni che hanno la massima generalità. Se i fenomeni della vita sono fenomeni

naturali, essi debbono pure soddisfare quelle equazioni, quali che siano le condizioni nelle quali i processi biologici si compiono. La conoscenza ultima alla quale possiamo, dunque, aspirare di giungere, nello studio dei fenomeni della vita, è la riduzione di essi a quelle equazioni, e la dimostrazione del modo in cui essi le verificano. È questo il fine più alto del biologo, come dissi dianzi: ricondurre la biologia nell'àmbito della scienza più generale, che è l'energetica.

22. A studio, ho lasciato per ultima la questione, se e in quanto l'analisi matematica debba o possa essere applicata alla biologia. Or è ben intendersi, avanti, sul valore e sul significato di tale applicazione, e non perder di vista il carattere essenzialmente deduttivo del ragionamento matematico, il quale conserva il suo vero valore solo finchè rimane entro il dominio di concetti semplici e universali. Ma nelle scienze sperimentali, specie nella biologia, i concetti semplici e universali in massima parte ancora ci mancano. « Il matematico — dice lo Stallo (19) — quando determina le proprietà di una sezione conica sa benissimo che non incontrerà giammai un corpo il cui contorno geometrico sia un esempio preciso della legge della costanza del rapporto fra le distanze d'uno qualunque dei suoi punti da un punto fisso e una linea retta data, e che non v'ha in natura alcuna traiettoria coincidente strettamente con una tal curva. Ma una tal conoscenza non disturba minimamente la sua confidenza nella perfetta validità del suo ragionamento. Quando egli vuole

applicare i resultamenti di esso a un fatto naturale egli lo completa, per quanto gli è possibile, mediante i resultati di altri ragionamenti fondati su relazioni cognite del medesimo fatto; egli così si approssima per quanto è possibile al fatto, senza turbarsi della riflessione, sempre vera, che non riescirà mai a mettersi in presenza del fatto completo con tutte le sue relazioni.

« È chiaro che la conformità dei resultati del ragionamento astratto o concettuale ai dati dell'esperienza è in ragione diretta del grado d'indipendenza delle relazioni, di cui si tratta, rispetto alle altre relazioni che costituiscono le condizioni d'esistenza reale dell'oggetto rappresentato nell'operazione del pensiero. Di qui deriva la preminenza della geometria, fra le scienze fisiche. I diversi fenomeni, di cui si occupano le scienze fisiche, hanno fra loro una stretta correlazione; le proprietà termiche, elettriche magnetiche, ottiche e chimiche d'un corpo si determinano mutualmente in varii modi. Se la natura e il grado di questa mutua dipendenza fossero esattamente conosciuti e potessero esser messi alla portata d'un'analisi concettuale perfetta, quelle scienze diventerebbero deduttive come la geometria. Tutte le scienze fisiche lavorano costantemente per progredire in cotesta direzione; ma il progresso (e qui lo Stallo mi sembra un po' troppo pessimista) è assai lento, perchè vi sia molta speranza che lo scopo dianzi detto sia mai raggiunto. Una delle ragioni di tal fatto è che il numero delle relazioni

novellamente scoperte si moltiplica — così rapidamente, se non più — a misura che la natura e il grado di mutua dipendenza fra le relazioni già conosciute sono messi in chiaro. E la difficoltà di determinare la mutua dipendenza in questione aumenta secondo una proporzione geometrica, mentre il numero delle nuove relazioni cresce secondo una proporzione aritmetica ».

E se ciò è vero per la fisica e per la chimica, si pensi di quanto deve aumentare la difficoltà di addivenire a una biologia deduttiva, ossia matematica, poi che le proprietà e le relazioni concernenti i fenomeni della vita sono tanto più numerose di quelle che riguardano i fenomeni del mondo minerale, e la mutua dipendenza fra le stesse sì enormemente complicata.

Comunque sia, là dove è possibile, l'applicazione del ragionamento e della notazione matematica non può essere che di giovamento, sopra a tutto per la natura economica dei procedimenti matematici, che permette « di acquistare col minimo sforzo una visione generale delle cose e di riprodurre con un processo cogitativo tutti i fatti » di una data specie. Infatti, secondo il Mach (20), « l'economia del pensiero raggiunge il suo massimo grado in quella scienza che è pervenuta al culmine dello sviluppo formale, in quella scienza al cui sussidio così spesso ricorrono anche le scienze naturali, e che è la matematica. Per quanto strana possa parere l'affermazione, la potenza della matematica si fonda appunto

nell'evitare tutti i pensieri non necessarii, sul massimo risparmio nelle operazioni cogitative ».

Non si dimentichi però mai che la matematica « philosophiam naturalem terminare, non generare aut procreare debet », come scrisse Bacone da Verulamio (21). La matematica, strettamente parlando, non solo non è scienza produttiva, ma non aggiunge nulla ai dati dell'osservazione e dell'esperimento. Essa non fa che introdurre nel calcolo quei medesimi dati, e poi sembra che ci fornisca come cosa nuova ciò che in realtà solamente ci rende in altro linguaggio, il quale però ha il grande vantaggio d'essere abbreviato e sommamente intuitivo. La matematica, può estendere, deduttivamente, una teoria fisica, ma non approfondirla; è come « un semplice inviluppo le cui maglie serrano l'essere, senza penetrarvi » (22). Tuttavia « il suo uffizio nell'indagine causale dei fenomeni naturali è assai più importante della funzione puramente regolatrice della logica formale » (Wundt), e l'applicazione di essa alle scienze fisiche ha non solamente messo in chiaro il significato di molti resultamenti sperimentali, ma sovente è stata anche una guida degna di fede in ricerche fruttuose.

Per quanto riguarda particolarmente la biologia, quel che possiamo dire è che il lavoro sperimentale e il periodo induttivo di questa scienza dovranno per molto tempo ancora durare, prima che giunga il momento d'un'estesa applicazione della matematica. Finora, soltanto in pochi casi particolari essa

è riuscita, al più, a rendere possibile una formulazione di leggi sperimentalmente stabilite; e a questo proposito, ricorderò la legge di Weber, la legge dell'eccitazione dei nervi periferici, qualche formula di termodinamica applicata al calore e lavoro muscolare ecc.

Il pericolo però sta nell'abusare di detta applicazione, e un errore comune nel pretendere *a priori* che a una deduzione matematica, solo perchè torna nel ragionamento astratto, corrisponda necessariamente un fatto o una condizione reale. È avvenuto che sia stata data una serie di formule matematiche per una serie di fatti reali o possibili. « In molti casi, queste formule sono semplicemente il resultamento di una serie di trasformazioni di una equazione, che rappresenta una ipotesi, i cui elementi sono nè più nè meno che gli elementi dei fenomeni di cui si deve render conto, il solo merito della formula che ne risulta essendo quello di non trovarsi in contraddizione con la formula iniziale » (23).

« Quando le grandezze che appariscono in una formula sono misurabili, allora la formula è stabile, ossia è una legge naturale » (24), come, p. es., la seguente:

$$pv = costante,$$

a temperatura costante, che esprime la legge di Boyle. « Se invece entrano nella formula grandezze che non sono misurabili, si ha un'ipotesi in forma matematica, e allora nel frutto si nasconde il baco »;

come quando si presumesse di esprimere la legge di Boyle con quest'altra equazione:

$$pv = \frac{1}{2} mnc^2,$$

nella quale solo le grandezze p e v sono misurabili, mentre l'altro membro contiene le grandezze m (massa di una molecola), n (numero) e c (velocità delle molecole), che non sono misurabili.

Ben disse, dunque, Cl. Bernard (25), affermando che l'« applicazione dell'analisi matematica ai fenomeni naturali può presentare dei pericoli, se la verificazione sperimentale fosse del tutto trascurata. In questo caso, l'analisi matematica diviene uno strumento cieco, se non lo si tempera di quando in quando al focolare dell'esperienza ». Dello stesso avviso era il grande geometra Bertrand, il quale scrisse (26): « la geometria non dev'essere per il fisico se non un potente aiuto: quando essa ha portato i principii alle loro ultime conseguenze, le è impossibile far più, e l'incertezza del punto di partenza non può che aumentare, per mezzo della cieca logica analitica, se l'esperimento non viene a ogni passo a servire da bussola e da regola ».

Comunque sia, « quel che a noi sopra a tutto importa è di cercare di liberarci progressivamente dei metodi che dànno resultamenti basati soltanto sopra apprezzamenti generici di variazioni qualitative, e di avvicinarci sempre più a quei metodi delle scienze esatte che permettono determinazioni quantitative

numeriche » (Galeotti, loc. cit.); perchè, come ebbe a dire R. Mayer (27), « un solo numero ha un valore assai più sicuro e durevole di una preziosa biblioteca piena di ipotesi ». Riassumere in formule i dati delle determinazioni quantitative, e vedere se essi verificano equazioni procedenti da altre considerazioni teoriche o da altre ricerche sperimentali, sarà sempre l'ideale del biologo sperimentatore. Ma quando ciò non sia possibile, è consigliabile di ricorrere almeno ai metodi di rappresentazione grafica, i quali hanno reso tanti inestimabili servizii nella trattazione di problemi, per i quali l'analisi matematica s'era dimostrata impotente (Galeotti).

23. Il metodo deduttivo, si dice, è il solo che dà la certezza, nelle conoscenze. Già Maurizio Bufalini aveva scritto (ved. appresso, cap. III) che « . . . dalla certezza della deduzione si discende per gradi alle probabilità dell'induzione, dell'analogia, della congettura e dell'ipotesi ». È vero; ma esso non è rigorosamente applicabile che alle matematiche.

Il matematico, costruisce egli stesso gli obietti della sua scienza: numeri e figure sono l'opera del suo pensiero. Essendo il creatore dei concetti che studia, conosce in tutta la sua pienezza l'essenza di ciascuno di essi, e la definizione che egli ne dà, contenendo esplicitamente o implicitamente il modo di costruzione dell'obietto, e non essendo se non quella stessa essenza formulata nella sua integrità, si trova essere assolutamente adequata a ciascun obietto creato. Da ciò scaturisce una conseguenza impor-

tantissima: la possibilità d'una deduzione rigorosa e la certezza completamente assicurata ai resultamenti delle investigazioni matematiche (28). La certezza matematica infatti ha la sua ragione nel fatto capitale che il *matematico*, come ha detto Pascal, *può costantemente sostituire mentalmente al definito la definizione*, confrontare così a ogni istante l'essenza dell'obietto con la proprietà che gli attribuisce l'ipotesi, e quindi giudicare, in condizioni perfette di certezza, se l'attributo conviene al soggetto.

Ma al filosofo che aspiri alla conoscenza assoluta e certa della natura, che giova il metodo deduttivo? Egli avrebbe bisogno di una definizione rigorosa assoluta dell'universo, o di ciascuno degli elementi di esso, come la possiede il geometra del triangolo o del cerchio; per essere in grado di formulare una tale definizione gli occorrerebbe però conoscere l'essenza dell'universo e delle diverse sue parti. Ora, egli non è il creatore dell'universo; il mondo che si accinge a studiare non è opera sua. Lungi dal possedere l'essenza dell'obietto del suo studio, è quest'essenza ch'egli ambisce di scoprire; invece d'essere il « dato » del suo problema, esso ne è l' « incognita ». Moltri altri filosofi, prima e dopo Spinosa, hanno creduto di poter rimontare alle origini e alle cause prime, col metodo deduttivo, e di raggiungere così una certezza assoluta. Così, Cartesio. Il metodo di questi si riassume in due parole: *intuizione* e *deduzione;* e per intuizione egli intende « la concezione d'uno spirito attento, tanto distinta e chiara, che

non gli resti alcun dubbio su ciò che comprende ». Partire dall'osservazione psicologica, dall'introspezione, da certi fatti interni, da certe idee « chiare e distinte », che lo spirito possiede allo stato di nozioni innate, da certe vedute intuitive che la ragione scopre, da quel « non so che di divino » che l'anima umana possiede, e « dove sono depositati i primi germi delle conoscenze utili » ; poi, da tutto ciò dedurre conseguenze logiche : ecco il metodo cartesiano, metodo al quale successivamente i filosofi spiritualisti, in un modo o nell'altro, sono rimasti fedeli.

Il metodo psicologico e deduttivo, però, è del tutto impotente in ogni ricerca concernente sia le cause prime o le origini delle cose, sia le cause prossime o dirette. In realtà, Cartesio non possedeva che certi « fatti » di coscienza, certe « esperienze interne » come punti di partenza per le sue deduzioni. Ma un fatto qualunque, non che essere capace di svelarci con tutta certezza la sua causa prima, è anche impotente a dare la conoscenza delle sue cause prossime. Per rimontare a queste, senza dubbio, l'intuizione razionale ci serve a qualche cosa ; solamente, ciò che essa ci svela non è il reale, ma semplicemente il possibile ; le suggestioni che può fornire non sono se non vedute dello spirito tendenti a interpretare le cose, cioè pure ipotesi preziose, perchè sono esse che fecondano la scienza ; ma, benchè nate dall'intuizione razionale, la ragione sola è del tutto impotente a dirci se esse sono o no realizzate : *giudice supremo del possibile, la ragione*

non lo è punto del reale; solo l'esperimento è atto a stabilire la realtà o l'insussistenza d'una ipotesi qualunque.

Quando la ragione ha sentenziato che una ipotesi è « razionale », cioè non implica contraddizione, il suo còmpito è finito; la ragione non può dire se l'ipotesi corrisponda alla realtà. Essa, da sola, non può nemmeno indirettamente, cioè per via d'esclusione, fornire certezza. Ma, affinchè lo studioso non si abbandoni a porre un'eccessiva fiducia nell'osservazione e nell'esperimento, è bene che egli tenga presente che, anche arricchendo la ragione di tutti i sussidii sperimentali, mai potrà raggiungere la prova assoluta, la certezza nelle questioni conoscitive concernenti l'essenza dell'universo. La stessa scienza non mira a riportare i fenomeni osservati ai loro agenti primi, e sa bene che le ipotesi che formula per raggiungere tale scopo non sono mai adequatamente verificabili, e che, nei problemi che studia, tutto ciò che può fare è d'elevare l'ipotesi a un alto grado di probabilità, grado che la scienza si riserva d'elevare ancora col tempo, per aver poi il diritto d'accordare a quell'ipotesi tutta la sua fiducia e servirsene come di guida nelle altre investigazioni.

Nelle scienze naturali, dunque, bando a ogni specie di dommatismo e a ogni presunzione di conoscenza *assoluta e certa;* lo studioso si tenga pago di una *esatta* conoscenza relativa della natura, raggiunta mediante l'uso appropriato del metodo induttivo adoperato col sussidio di ipotesi ben concepite e

sperimentalmente verificate, e del metodo deduttivo adoperato nei limiti e colle restrizioni inerenti alla natura dei problemi da studiare.

Non sembri duro rinunciare alla « certezza » : l'uomo vive assai poco di certezze, e molto di probabilità, di credenze e di speranze — certo assai più di quanto egli stesso creda; e la scienza stessa, contrariamente all'opinione dei fanatici, non è fatta di certezze assolute, ma d'ipotesi più o meno adequatamente verificabili e verificate, cioè di probabilità.

24. Se si considerano a fondo i fenomeni vitali, si vede che una parte di essi differiscono dai rimanenti fenomeni naturali in ciò che, almeno nelle loro manifestazioni intensive, hanno bisogno di essere sprigionati, sono fenomeni di liberazione d'energia. Ammesso che l'organismo sia un sistema energetico stazionario, non è men vero che in esso le trasformazioni dell'energia chimica avvengono in una maniera singolare, cioè in parte continuamente, ma con accelerazioni e ritardi, alla maniera dei fenomeni di catalisi, in parte improvvisamente e discontinuatamente, ossia con impronta sprigionativa. Il carattere peculiare di questi ultimi fenomeni complica non poco i problemi che si pone il biologo, perchè il processo della liberazione dell'energia nell'organismo vivente assume aspetti svariati ed è oscurissimo nel suo determinismo, mentre dipende unicamente dalla struttura fisica e chimica e dalla configurazione del sistema effettore la qualità, ossia la forma d'energia,

in cui l'impulso liberatore converte l'energia chimica ivi accumulata.

Ciò non era sfuggito, in parte, allo sguardo acutissimo di R. Mayer (29), il quale, ancorchè senza precisare bene il suo pensiero, disse che « gl'innumerevoli processi di liberazione hanno questo carattere comune, che cioè in essi non si può più contare per numeri; onde la liberazione, in generale, non e più oggetto della matematica ». « Il dominio della matematica ha — continua egli —, come ogni altro i suoi confini naturali; or questo nostro campo (della liberazione) trovasi per l'appunto fuori di quei confini. La grande massa dei processi di sprigionamento si sottrae a ogni calcolo, poi che le qualità non si lasciano determinare numericamente alla guisa delle quantità. Di ciò potrebbe meravigliarsi solo colui il quale per difetto di conoscenze positive, stimasse la matematica capace di fare più di quanto essa può in realtà ».

Evidentemente, il nocciolo del pensiero di R. Mayer è il problema che tormenta lo spirito del filosofo della natura, quando egli considera che, pur avendo salda fede nella definitiva conquista della conoscenza concernente il ricambio *quantitativo* totale dell'energia, nell'organismo vivente come in qualsiasi altro sistema, non può nutrire alcuna speranza di scoprire mai *come* una forma d'energia si converta in un'altra, *come* da una stessa energia s'originino *forme* o *qualità* diverse di essa in sistemi diversi, i quali non differiscono essenzialmente fra loro se non

per la forma (minuta, ossia strutturale, o grossa); in una parola, di scoprire il *lato qualitativo* di quella sfinge bifronte che è il problema della trasformazione dell'energia.

Lo stesso Mayer, però, continuando, ci conforta dicendo che, « se però noi, nell'àmbito delle cose di cui parliamo, abbiamo abbandonato o dovemmo abbandonare il metodo matematico, ciò non pertanto possiamo ancora progredire su un terreno solido e reale ».

Questo terreno, per chi sa acconciarsi alle necessità inerenti al grado di sviluppo che finora ha raggiunto la biologia, può essere fatto di osservazioni esatte e minute, e di descrizioni semplici e brevissime, ma prive di lacune, cioè complete.

25. Già il Kirchoff (30) definì la meccanica « una scienza descrittiva », e disse còmpito della medesima essere quello di « descrivere compiutamente e con la massima semplicità i movimenti che avvengono spontaneamente in natura ». E prima di lui, E. Mach aveva affermato « l'opinione che l'oggetto delle scienze fisiche e naturali è l'espressione economica della realtà ». Ma nemmeno questa affermazione (31) era nuova, perchè, tralasciando di considerare che Galileo l'aveva già messa in pratica e che Newton (32) aveva scritto: « *hypotheses non fingo* », fin dal 1851 Roberto Mayer (33) così aveva definito la regola dell'indagine naturale: « La più importante, per non dire l'unica regola per la vera ricerca scientifica è questa: ricordarsi che il nostro còmpito è d'imparare a *co-*

noscere i fenomeni, prima di cercare le spiegazioni o di preoccuparsi delle cause superiori. Quando un fatto è *conosciuto* per tutti i suoi lati, con ciò esso è spiegato e il còmpito della scienza è terminato ». « Per quanto questa sentenza possa esser tenuta da alcuni per volgare, e da altri combattuta per molte ragioni, rimane tuttavia certo, che questa regola fondamentale fino ai tempi nostri è stata troppo spesso trascurata, e che tutte le operazioni speculative, anche delle menti più elette, le quali invece di mettersi in possesso dei fatti come tali si vollero innalzare al di sopra di essi, finora hanno dato solamente sterili frutti ».

Il Wundt (34) però sostiene che l'affermazione del Kirchoff e degli altri non può esser giustificata altrimenti che ampliando il concetto di « descrizione » e includendovi quel che dai più s'intende per « spiegazione » scientifica.

26. A questo proposito, e per formarci un'idea chiara del còmpito reale della scienza, e di quello cui può e deve aspirare la metodologia scientifica, dovremmo prima intenderci sul valore della parola « spiegare », nelle scienze naturali.

Anche il Poynting (35), recentemente, si è espresso analogamente agli autori dianzi citati, affermando che « da comandamenti analoghi ad ordini legali », le leggi (36) ora sono divenute « semplici descrizioni », e che « una legge violata non è altro che una falsa descrizione ». Si crede, egli aggiunge, di « avere *spiegato* qualche cosa, solo quando se ne sia trovata la causa

o il perchè, asserzione che non è valida se non dal punto di vista psichico », già che il significato di *causa* « non acquista un valore completo se non quando si tratta di intenzioni e di volontà ». In vece, « dal punto di vista puramente descrittivo e fisico, l'idea di causa è del tutto fuori di luogo » ; perchè « noi spieghiamo un avvenimento, non quando sappiamo *perchè* s'è verificato, ma quando mostriamo in che esso è simile a qualche altra cosa verificatasi avanti, quando cioè possiamo farne un caso d'una legge già stabilita ».

Si suol dire che noi tendiamo a raggiungere una « spiegazione » soddisfacente dei fenomeni naturali. Anzi, è generale la classificazione delle scienze in « descrittive » o d'osservazione ed « esplicative » o sperimentali. « Le scienze naturali — dice Cl. Bernard (37) — sono scienze d'osservazione o descrittive. Esse ci dànno la previsione dei fenomeni ; ma restano scienze contemplative della natura. Le scienze sperimentali sono scienze d' esperimento o esplicative. Queste vanno più là delle scienze d'osservazione, che loro servono di base, e giungono ad essere scienze d'azione, cioè conquistatrici della natura ». Questa distinzione, che si riferisce a due ordini d'indagini, le une fatte per osservazione e comparazione, le altre fatte secondo il metodo sperimentale, è giusta. Resta però a vedere che spiegazione dànno propriamente dei fenomeni naturali le scienze sperimentali. Basta riportarsi alla memoria quanto qui sopra abbiamo detto, per convincersi che è una chimera

l'aspettarsi dal metodo scientifico e dalle scienze sperimentali la conoscenza dell'essenza delle cose, della realtà ultima, dell'origine e del destino del mondo. Anzi aggiungo che solo dopo aver liberata la nostra mente di questa, che è la più illusoria delle chimere, potremo procedere oltre nell'indagine della natura.

27. In una maniera veramente alta e insieme spiritosa, come di consueto, tratta di tutto ciò E. Mach (38) in una delle sue letture scientifiche; e vale la pena che noi leggiamo qualche pagina di quello scritto. « Si dice che la descrizione non appaga il bisogno di causalità. In realtà, si crede di comprendere meglio i movimenti, rappresentandosi le forze d'attrazione; tuttavia le accelerazioni effettive dànno alla nostra mente qualche cosa di più, e non v'introducono nulla di superfluo. Io spero che la futura scienza naturale eliminerà, come difettosi dal lato della chiarezza formale, i concetti di causa ed effetto, i quali hanno, secondo me, e non sono il solo che la pensi così, un forte sapore di feticismo. È piuttosto preferibile il considerare gli elementi astratti determinanti un fatto come reciprocamente dipendenti, nel senso puramente logico, come fanno il matematico, il geometra....

« Se noi ci domandiamo quand'è che un fatto ci appare chiaro, dobbiamo riconoscere che ciò avviene, quando possiamo riprodurlo mentalmente con operazioni semplicissime e a noi famigliari, come mediante la figurazione delle accelerazioni, l'addizione geometrica di esse e simili....

« È cosa fra le più difficili persuadere i profani, che le grandi leggi universali della fisica, per qual si voglia sistema di masse o elettrico o magnetico, non possono sostanzialmente differire dalla descrizione. La fisica, rispetto a molte altre scienze, ha un vantaggio facile a riconoscersi. Quando, per es., un anatomico, ricercando i caratteri corrispondenti e differenziali di varii animali, procede a una classificazione sempre più generale, i fatti singoli che costituiscono gli ultimi termini del sistema resultano tanto differenti gli uni dagli altri, da dover essere considerati uno per uno .... In ultima analisi, rimangono sempre fatti isolati, fra i quali non esiste che una piccolissima analogia ».

È questo che O. Hertwig (39) par che dimentichi quando, nel combattere le idee troppo esclusive del Roux, cade in un'esagerazione opposta, attribuendo un valore eccessivo all'osservazione, come mezzo di conoscenza, in biologia. « Dall'uovo fecondato — egli dice (40) — fino all'animale completo, segue uno stadio di sviluppo a un altro, il precedente trasformandosi continuamente e successivamente nel susseguente; entrambi fra loro in relazione di causa ed effetto, di ragione e conseguenza .... Il processo dello sviluppo di un animale avviene con la medesima necessità con cui ha luogo la rotazione dei pianeti ». Ammettiamo pure che ciò sia vero; ma lo sviluppo d'un animale è un caso isolato; esso non può far prevedere lo sviluppo d'un animale di specie diversa; nemmeno della più semplice variazione orga-

nica sappiamo noi trovare il determinismo costante. Dov'è nell'embriologia qualche cosa che anche lontanamente ricordi le leggi della gravitazione universale? I processi di sviluppo di due animali, pur affini fra loro, rimangono due casi isolati e legati fra loro da scarsa analogia, che diventa anche minore, quando si considerano due animali di specie diversissima.

Con ciò non voglio dire che la formula del Roux sciolga il nodo che ci tormenta; voglio ripetere solamente che siamo all'inizio d'una trattazione scientifica della biologia, che le lacune in questa sono immensamente più numerose dei fatti esattamente conosciuti, e che perciò ogni giudizio portato in modo assoluto sul grado di conoscenza che l'uomo acquisterà dei fenomeni della vita è prematuro, non essendo previdibile il progresso che subiranno i nostri mezzi d'osservazione e d'esperimento, che per ora sono assai insufficienti rispetto alla delicatezza ed estrema complessità dei fatti da indagare.

E continuiamo a leggere le belle pagine del Mach, e a fare mentalmente applicazione di quel ch'egli dice alla biologia.

« Una scienza che alla fisica è molto più affine, la chimica, si trova spesso in somiglianti condizioni. L'improvviso mutamento delle proprietà qualitative, che forse è determinato dalla poca stabilità degli stati intermedii, la scarsa analogia esistente fra i fatti coordinati della chimica, accrescono le difficoltà di essa. Coppie di corpi di proprietà qualitative diverse si combinano in differenti proporzioni di massa,

ma non è facile percepire la relazione fra queste e quelle ». Ma già dissi che la chimica è sulla via di venire una scienza deduttiva, da poi che le è stato possibile di applicare ai fatti che studia le leggi della termodinamica; sebbene anche il fenomeno chimico, come il biologico, abbia un lato qualitativo, formale, che resiste ad ogni tentativo di spiegazione.

« La fisica, al contrario, ci offre vasti dominii di fatti qualitativamente omogenei (precisamente l'opposto di quel che è vero per la biologia), i quali non si differenziano se non per il numero delle parti eguali in cui si possono scomporre i loro caratteri, cioè quantitativamente. Anche dove si tratta di qualità (colori, toni), conosciamo di esse i caratteri quantitativi. Qui la classificazione è un còmpito così semplice che, come tale, essa per lo più non ci si presenta mai alla coscienza; e anche quando si tratta di infinitamente tenui gradazioni, nel caso di una *continuità di fatti*, c'è il sistema numerico sempre a nostra disposizione per proseguire fin dove si vuole. Tra i fatti coordinati c'è grande somiglianza e affinità, e così pure fra le loro descrizioni, che consistono in una determinazione delle misure numeriche di certi caratteri, mediante quelle di altri caratteri, ossia con processi di derivazione. Nella fisica si può dunque trovare il carattere comune di tutte le descrizioni, e dare insieme una descrizione sintetica o una regola di salda costruzione per tutte le singole descrizioni, ossia ciò che diciamo una legge. Esempi universalmente noti sono le formule relative

ai corpi liberamente cadenti, ai proiettili, al movimento centrale, e simili. Se però la fisica dà resultamenti più completi di quelli delle altre scienze, d'altro canto non dobbiamo dimenticare che essa si occupa di problemi molto più semplici ». Ma « possiamo noi anche sperare che, quando i paleontologi dell'avvenire abbiano arricchito la morfologia di un maggior numero di forme intermedie e derivative tra i Sauri fossili e gli Uccelli dell'età presente, colmandone le lacune meglio che ora non si possa fare con l'*Archaeopteryx*, l'*Ichthyornis* ecc., sorga un matematico il quale, mediante le variazioni di alcuni parametri, sappia risolvere, come in un « quadro dissolvente », una forma in un'altra, nello stesso modo che si trasformano l'una nell'altra le sezioni coniche? ».

Il Mach lo spera, e non sembra che vi siano per ora ragioni assolute per essere di contrario avviso.

Non ha però il diritto di coltivare tale speranza il biologo che si scosti dalla matematica, dalla fisica e dalla chimica, ciascun progresso delle quali è come lievito per la scienza nostra; la quale, per questo, non perde il suo carattere di scienza fondamentale autonoma, che è dato, non dai mezzi, ma dall'oggetto che con essi viene indagato e dagli scopi verso i quali l'indagine mira.

28. Per ciò è gravissimo errore credere che l'una o l'altra delle scienze ausiliarie possa mai per sè sola *spiegare* la vita. Eppure simili errori non sono infrequenti. Apro un libro recentissimo di « Biologia generale » del Kassowitz (41) e trovo enumerate e di-

scusse una « teoria osmotica », una « teoria fermentativa », una « teoria elettrodinamica », una « teoria fisico-molecolare » della vita! È puerile pretendere che si possa dare una *spiegazione* semplice e unilaterale di qualsivoglia fatto naturale, per non dire dei complicatissimi fatti biologici.

« Le vere spiegazioni scientifiche sono generalmente complicate di forma, non solamente perchè la maggior parte dei fenomeni, dopo un'analisi conveniente, si trovano essere complessi, ma anche perchè il fatto più semplice non è mai l'effetto d'una sola causa, ma il prodotto d'una grande e spesso indeterminata molteplicità di agenti, il resultamento del concorso di numerose condizioni .... Il vecchio adagio: *simplex veri judicium* dev'essere interpretato più liberamente, prima che possa essere considerato come una regola sicura nella determinazione della validità o del valore delle dottrine scientifiche » (42). Il danno che questi sterili tentativi di spiegazioni schematiche producono nelle menti piccine e prive di coltura filosofica è incalcolabile, e forse solamente paragonabile al male che alla scienza arrecano tutti quei biologi i quali, senza sufficiente preparazione fisica e chimica, trattano questioni nelle quali è necessario applicare ai fatti della vita i mezzi di cui dispongono quelle due scienze.

Pretendere di dare una spiegazione meccanica o fermentativa o elettrochimica o altra qualsiasi della vita è, ripeto, come supporre che la vita sia capace di una spiegazione semplice. Felicemente il Loeb

ha detto, a questo proposito, di sperare « che i fisiologi non dimenticheranno presto, nei fenomeni vitali i fili della fisica e della chimica essere insieme tessuti in una maniera straordinariamente intricata, e che per dipanare l'intrico di quei fenomeni dobbiamo prendere in mano i singoli fili e seguirli passo passo fin nella chimica e nella fisica. Facendo ciò avverrà in avvenire, come è avvenuto in passato, che i fisiologi si troveranno in mano dei fili che il fisico ignorava completamente » (43).

Semplici debbono essere i problemi che ci proponiamo di trattare, nell'accingerci a decifrare la grande incognita della vita, e le ipotesi feconde di lavoro sperimentale che poniamo con fiducia di poterne verificare il contenuto, ma con animo pronto ad abbandonarle per altre migliori non appena sia dimostrata la insostenibilità di esse.

Un buon esempio, fra noi, ha dato il Galeotti, di saper porre un'ipotesi semplice e di rivolgere la sua abilità di sperimentatore a spiegare, alla luce di essa, la costituzione chimico-fisica del protoplasma vivente.

Supponiamo, egli dice, che questo sia una soluzione acquosa di colloidi e di non elettroliti e di elettroliti; in tal caso una porzione di protoplasma, privo di membrane semipermeabili, costituirebbe un sistema monofasico. Esiste qualche argomento a sostegno di tale, in verità troppo semplice, ipotesi, la quale per altro non ha la pretesa di esaurire l'intero problema della sostanza vivente; ma non si possono escludere altre ipotesi, magari più verosimili: che cioè il pro-

toplasma non sia una soluzione acquosa, ma un liquido *sui generis*; che esso formi col succo cellulare contenuto nelle cavità alveolari un sistema difasico ecc. Comunque sia, accettando la prima ipotesi non ostante i fatti che le stanno contro, il Galeotti ha cominciato a studiare nelle cellule viventi le proprietà delle soluzioni, e come esse si modificano quando, perdute le qualità della vita, il citoplasma diventa un complesso inerte di colloidi e di cristalloidi, simile a una qualsiasi miscela artificiale. Ha studiato nei tessuti la diffusione di sostanze non elettroliti, la migrazione di ioni sotto l'influenza di forze osmotiche, la concentrazione degl'ioni e la concentrazione osmotica totale.

Nulla possiamo dire finora dei resultamenti ultimi cui si giungerà per questa via battuta anche da altri italiani, non solo per quanto riguarda i tessuti, ma anche nello studio dei liquidi costituenti l'ambiente interno ed esterno degli organismi. Quel che importa però che sia da tutti riconosciuto, per ora, è che la via battuta è la diritta, e si dirama da luogo sicuro e ben conosciuto, cioè dalla fisica e dalla chimica teoretica. Ma ciò non esclude la possibilità che fra qualche decennio l'odierno indirizzo scientifico sia riconosciuto insufficiente, e che ne possa essere additato un altro migliore. I fatti raccolti, però, se furono stabiliti su principii metodici esatti, non perderanno mai il loro valore.

29. Io non mi sarei, forse, tanto indugiato sul valore del « metodo sperimentale » applicato alla bio-

logia, e più specialmente alla fisiologia, che delle discipline biologiche è il cardine, essendo destinata a fornire la saldezza del principio causale genetico ad esse tutte, emancipandole l'una dopo l'altra dallo stato presente di discipline prevalentemente comparative e classificative, se recentemente, per bocca di un professore italiano di fisiologia non fosse stata pronunciata, in pubblico discorso, una solenne « . . . condanna di buona parte dei metodi oggi usati nelle ricerche fisiologiche, perchè mancanti di quel carattere che chiamerei — dice l'A. — volentieri rispetto alla individualità vivente ». Continuando, il professor Marcacci (44) consiglia l'« abbandono di tutti i risultati con tali metodi ottenuti, giacchè quelli non possono non risentire i difetti trasmessi dal peccato originale da cui questi sono colpiti ».

Qualunque sia l'autorità dell'uomo che oggidì esprime simili idee, io credo opportuno di prendere in esame il contenuto di quella condanna, per vedere se e in quanto sia giusta.

Il « rispetto all'individualità vivente » a me sembra una lontana eco delle seguenti parole del Cuvier: « Toutes les parties d'un corps vivant sont liées; elles ne peuvent agir qu'autant qu'elles agissent toutes ensemble: vouloir en séparer une de la masse, c'est la reporter dans l'ordre des substances mortes, c'est en changer entièrement l'essence ».

In proposito, ricorderò le parole con le quali Cl. Bernard giudicava le idee di Cuvier; esse siano di risposta anche a quelle del Marcacci.

« Ces idées — scrisse il grande filosofo francese — qui ont eu cours à d'autres époques, s'évanouissent sans doute aujord'hui de plus en plus; mais cependant il import d'en extirper les derniers germes, parce que ce qu'il reste encore, dans certains esprits, de ces idées dites vitalistes, constitue un véritable obstacle aux progrès de la médecine expérimentale ». E altrove, lo stesso Bernard, sempre a riguardo delle idee di Cuvier, aggiungeva: «.... proscrire l'analyse des organismes, au moyen de l'expérience, c'est arrêter la science et nier la méthode expérimentale ».

Ma è importante conoscere che cosa ha inspirato la condanna, di cui è detto sopra: — il desiderio e il bisogno d'una fisiologia semplice, quasi pastorale, fatta con pochi mezzi, senza entrare « nel campo della pura chimica e della pura fisica ».

In un'altra conferenza (45), fatta circa dieci anni prima, lo stesso autore aveva infatti confessato di non essere in grado di stare al corrente di quelli che noi diciamo progressi della fisiologia « a cagione dell'astruseria di certe memorie scientifiche ». A lui piace la fisiologia di Francesco Redi, di Lazzaro Spallanzani, del Fontana. Egli dice: « è prevalsa e prevale l'opinione che la ricerca biologica, non dovendo essere che una analisi quasi esclusivamente fisica o chimica o meccanica della vita, abbisogni di grandi mezzi, e di un apparato strumentale sempre più complicato, via via che si vogliono approfondire le nostre ricerche ». Ebbene, egli non è di questo avviso,

e spera che il « campo alle ricerche semplici, eseguibili con pochi strumenti », non ci sia « chiuso affatto » anche perchè egli è « convinto che per la nostra indole, per le nostre tradizioni, sarebbe quello in cui noi potremmo fare ottima prova ».

Così non la pensava Cl. Bernard, il quale esigeva « que le laboratoire du physiologiste médecin doit être le plus complet de tous les laboraitores, parce qu'il s'agit d'y faire l'analyse expérimentale la plus complexe de toutes, analyse pour laquelle l'expérimentateur a besoin du secours de toutes les autres sciences » (46).

Che cosa il Marcacci vorrebbe sostituire ai metodi che noi seguiamo non si comprende bene da un lungo squarcio del suo scritto, che credo opportuno citare integralmente. Ecco il suo metodo (47).

« Parto dal principio, che credo vogliate tutti ammettere, che gli esseri viventi possano considerarsi come veri parenti gli uni degli altri, e che gli esseri attuali più elevati si sieno sviluppati per graduali modificazioni di esseri semplicissimi, i quali son venuti man mano differenziandosi, complicandosi, perfezionandosi, fino a raggiungere nell'uomo la massima perfezione. Quest'ultimo dunque non è una macchina ideata direttamente per funzionare da uomo (!), ma è stata invece fabbricata usufruendo di un'altra macchina più semplice (!), che aveva struttura e funzione differente, mentre quest'ultima era stata a sua volta fatta a spese d'un'altra, e così via fino a raggiungere l'essere semplicissimo, indecomponibile (48).

« Ma di questa sua ricostruzione, che, per l'indole dei documenti su cui è basata, appare quasi esclusivamente anatomica, l'uomo non può contentarsi: egli deve aspirare alla sua ricostruzione funzionale col cercare documenti e prove di quel che è oggi dal lato dinamico, negli esseri che lo hanno preceduto, e che gli hanno preparato, lottando col mondo esterno, quell'insieme di meccanismi coi quali egli può a sua volta lottare con questo. E per raggiungere tale scopo finale, ricostruirsi cioè funzionalmente, egli deve arrivare a precisare tutte le condizioni esterne per cui ogni essere a lui inferiore, dal protista alla scimmia, reagisce a quelle in modo fisso e costante, ogni qual volta tutte o qualcuna soltanto si faranno sentire su lui; e ciò significherà conoscere le leggi della vita. — Determinando poi quelle varianti nelle condizioni esterne che hanno obbligato un essere, che noi già conosciamo nelle manifestazioni della sua vita individuale, a fornirsi di nuove armi per lottare contro quelle varianti, e farsi individualità superiore, noi potremo dire di conoscere anche le leggi della vita di quest'ultima. Noi possiamo in tal modo sperare di veder sorgere, ingrandirsi la funzione (?!), e, pur complicandosi, rimanere intelligibile, senza bisogno di dover ricorrere a mezzi violenti per decomporla. Le decomposizioni e le ricomposizioni verrebbero fatte più dalla natura che dall'arte: e noi, pur vedendo rispettato il concetto d'individualità che abbiamo stabilito, potremmo sperare di arrivare a conoscere le leggi che regolano anche la vita dell'uomo, unendo

armonicamente i dati raccolti coll'analisi funzionale di esseri a lui inferiori ».

Lasciando da un canto tutto quanto di personale e di vago v'ha in questo lungo squarcio di prosa, sembra, dunque, che il Marcacci voglia sopprimere i mezzi violenti usati per « decomporre » le funzioni organiche, e studiare « le decomposizioni » e « ricomposizioni » che la natura fa spontaneamente, osservando quelle funzioni comparativamente in tutte le specie, dai protisti all'uomo. Il nuovo metodo par che consista nell'idea « che solo con uno studio evoluzionistico delle funzioni si potrà forse arrivare a gettare le basi sicure di una scienza della vita ».

Sorge quindi spontaneamente il dubbio che l'A. voglia ricondurci a uno studio *contemplativo* della evoluzione delle funzioni, perchè esso è il solo conciliabile col rispetto all'individualità organica, cioè con l'integrità degli organismi che si studiano.

Se non che, la semplice osservazione comparativa, bandita già dalla fisiologia, ora, per gli sforzi concordi di spiriti illuminati — quali His, Roux, Driesch, Wilson ecc. — comincia ad essere eliminata anche dalla morfologia, con che questa disciplina segna il cominciamento della sua ascensione a dignità di scienza sperimentale, districandosi dai legami della « teoria della discendenza » e dalle teorie evoluzionistiche darwiniane e haeckeliane, che non vanno oltre la semplice possibilità non dimostrata, a punto perchè unicamente fondate sul metodo dell'osservazione comparativa. Anche se fatta secondo nuovi

principii euristici, l'osservazione comparativa in fisiologia a nulla approderebbe, e il tentare d'introdurvela equivarrebbe a tentare di sospingere in dietro di due secoli la nostra scienza.

30. Ma io non voglio credere che il Marcacci abbia avuto ciò in mente. Piuttosto suppongo che egli sia stato vittima di una non infrequente illusione, scambiando la semplicità dei principii scientifici fondamentali, ai quali vogliamo arrivare, con una semplicità dei mezzi necessari per arrivarvi. Non è possibile anticipare alcun che, circa alla natura dei mezzi coi quali dobbiamo aggredire la sfinge che si cela in ogni fatto biologico; e l'esperienza dimostra che il moltiplicarsi dei mezzi, il complicarsi della tecnica, l'incessante applicazione degli strumenti fisici e chimici allo studio dei fenomeni della vita, hanno portato realmente per effetto un innegabile progresso nelle discipline biologiche.

A questo proposito mi sia lecito citare ancora una volta un pensiero di Cl. Bernard: « Je suis convaincu — egli scrisse — que dans les sciences expérimentales en évolution, et particulièrement dans celles qui sont aussi complexes que la biologie, la découverte d'un nouvel instrument d'observation ou d'expérimentation rend beaucoup plus de services que beaucoup de dissertations systématiques ou philosophiques ». Ciascun problema dev'essere trattato coi mezzi più adequati a risolverlo; non si può imporre che essi siano semplici; saranno quelli che dovranna essere, secondo la natura del problema. Nè la storio

della fisiologia dimostra che con mezzi semplici qualsiasi problema sia stato risoluto meglio che con mezzi complicati. Cl. Bernard, con mezzi relativamente semplici, scoprì fatti molto importanti, per es. l'unione di alcuni gas con l'emoglobina; ma solo mediante l'uso dello spettrofotometro si potè, assai più tardi, registrare la curva di dissociazione dell'ossiemoglobina, cioè formulare la legge secondo la quale, variando la pressione parziale del gas, questo si combina con l'emoglobina o se ne dissocia. Ora però è stato obiettato che, in tali ricerche, non fu tenuto conto abbastanza di due fattori importantissimi in ogni processo d'equilibrio, voglio dire della concentrazione e della temperatura, e che si partì da una supposizione affatto arbitraria, ammettendo che l'ossiemoglobina resultasse d'una molecola d'emoglobina e una d'ossigeno. Nuove ricerche, dunque, e più complicate vanno fatte, servendosi dei metodi e dei mezzi della chimica fisica, se si vuole stabilire la vera legge della dissociazione dell'ossiemoglobina.

Preferisce il Marcacci rimanere ai primi resultamenti di Cl. Bernard, o accettare senz'altro la curva della dissociazione stabilita da Hüfner, Chr. Bohr ed altri, solo perchè è dimostrata la necessità di adoperare mezzi e metodi più complicati e difficili allo scopo di stabilire la vera legge e sostituirla a quella che oggidì dànno i trattati, e che è falsa? Io credo che nè il Marcacci, nè altri oserebbe rispondere: sì.

CAPITOLO II.

Cenni su Leonardo da Vinci, quale fondatore del Metodo sperimentale (49)

1. Chi volesse avere esatta conoscenza della « Storia del metodo sperimentale », grande profitto trarrebbe dallo studio dell'opera di R. Caverni (50), che porta appunto quel titolo. Su tale argomento io, però, non posso indugiarmi, sebbene non v'abbia mezzo più sicuro, per porre in rilievo l'importanza del metodo di cui ci occupiamo, di quello di mostrare, coi documenti storici alla mano, in qual modo le scienze tutte quante, col progredire della coltura, siansi sommamente avvantaggiate dell'attuazione dei principii metodologici, che hanno loro radici nell'esperienza. Ma una tale dimostrazione storica, oltre che è stata già fatta dal Caverni, mi porterebbe necessariamente troppo oltre il mio assunto.

Voglio però completare in due punti l'opera magistrale di quell'Autore; e cioè rilevando, più diffusamente di quanto egli abbia fatto, il merito che spetta a Leonardo da Vinci nella proclamazione dell'universale attuabilità del metodo sperimentale, e rivendi-

cando a Maurizio Bufalini quanto gli è dovuto dell'attuale uso che generalmente si fa dei principii fondamentali di quel metodo nella medicina pratica.

Se infatti Leonardo, con occhio d'aquila, abbracciò d'un solo smisurato sguardo tutto il vastissimo campo che frutti ubertosi avrebbe reso quando fosse stato trattato con metodo sperimentale; non minore fu la potenza di penetrazione di Maurizio Bufalini, quando vide e a voce alta disse e per tutta la sua vita sostenne, e con la parola e con l'opera, non esservi se non un mezzo solo, per liberare le discipline mediche dal gretto empirismo e dai pregiudizii scolastici che a tempo suo le inquinavano: l'attuazione costante del metodo sperimentale. Egli vedeva le scienze naturali fiorire, perchè tutte quante guidate da quel metodo; e seppe intravedere per le discipline mediche un avvenire luminoso, uno sviluppo proporzionale all'importanza che hanno rispetto all'uomo, purchè i cultori di esse abbandonassero i vecchi metodi, e animosi si mantenessero per quelle stesse vie, per le quali camminando, la fisica e la chimica si erano finalmente svincolate dalle vecchie pastoie e avevano raggiunto altissimi gradi di perfezionamento.

2. Se non che, il citare poche proposizioni di Leonardo non basterebbe a mettere nella debita luce l'orma profonda ch'egli stampò su tutti i campi dello scibile umano, e non basterebbe a dimostrare che egli non fu solamente banditore teorico del metodo sperimentale, alla maniera di Bacone, ma fedele at-

tuatore del medesimo in ogni indagine naturale, in ogni opera d'arte e di scienza. Mi sia, per ciò, lecito d'entrare un po' più a fondo nell'opera di questo nostro massimo genio latino, per rilevarne i molteplici aspetti e il sommo valore. Quale pensatore fosse Leonardo da Vinci ora finalmente può cominciare a vedersi, ora che i suoi manoscritti, rimasti per secoli disseminati e sepolti nell'oscurità degli archivii, vengono l'uno dopo l'altro alla luce, in veste editoriale magnifica, quale s'addice al grande maestro, del quale racchiudono, ormai assicurato per sempre agli studiosi, il pensiero profondo.

Mente sublime, dominante con egual sicurezza le luminose regioni dell'arte immortale e le più profonde della scienza sempre vergine e sempre perfettibile, pose Leonardo, con impareggiabile ardimento sintetico, il metodo sperimentale come base d'ogni conoscenza; e a ciò deve ascriversi l'alto valore dell'opera da lui compiuta, la quale, giudicata in relazione col tempo in cui fu prodotta, desta in tutti un senso misto d'ammirazione e di stupore.

3. Leonardo infatti è il primo uomo moderno, che ha piena coscienza della vacuità della filosofia medievale, e inizia, genio solitario, la filosofia nuova, dandole per base il metodo sperimentale. Nessuno prima di lui comprese il significato vero della filosofia, che dev'essere «filosofia naturale», cioè basata sulle scienze naturali, e avere per contenuto i principii generalissimi e le leggi che derivano da osservazioni dirette e da esperimenti.

Le nozioni psicologiche di Leonardo, se dalla sua lingua vengano tradotte nel nostro odierno linguaggio, appariscono abbastanza corrette. « Il senso comune (cioè, il cervello) — egli dice — è quello che giudica le cose a lui date dagli altri sensi. Il senso comune è mosso mediante le cose a lui date da li altri sensi. E essi sensi si muovono (cioè, sono messi in attività) mediante li obbietti, e questi obbietti, mandando le loro similitudini ai cinque sensi, da quelli sono transferiti alla imprensiva e da quella al comun senso; e lì, sendo judicate, sono mandate alla memoria, nella quale sono, mediante la loro potenza, più o meno riservate ».

I cinque sensi sono questi: « vedere, udire, toccare, gustare, odorare ».

E più oltre egli ripete, esprimendosi più chiaramente: « Il senso comune si muove mediante la imprensiva, ch'è posta in mezzo in fra lui e i sensi. La imprensiva si muove mediante la similitudine delle cose a lei date dagli strumenti superficiali, cioè i sensi, i quali sono posti in mezzo, in fra le cose esteriori e la imprensiva, e similmente i sensi si muovono mediante li obbietti ». Le « similitudini degli obbietti » corrispondono alle sensazioni che noi proviamo mediante gli organi dei sensi, che giustamente Leonardo chiama « strumenti superficiali ». Queste sensazioni sono giudicate dal « senso comune », espressione vaga, con la quale egli intende significare ora il cervello, ora l'intelligenza, ora la ragione. E dopo essere state giudicate, cioè dopo es-

sere divenute percezioni, « sono stabilite nella memoria, e lì sono più o meno ritenute, secondo la importanza o potenza della cosa data ».

4. «Quel solenne maestro di teorie», come lo chiama il Caverni; quel «divino ingegno creatore della Filosofia sperimentale in Italia», come lo chiamò il Libri in una lettera a Gino Capponi; l'uomo del quale Alessandro von Humbolt scrisse che fu « il più gran fisico del secolo XV, che alleò alle conoscenze matematiche profonde la più ammirabile intuizione della natura » ; del quale Gilberto Govi affermò, che fu l'inventore del metodo al quale Galileo fu debitore, un secolo più tardi, delle sue più grandi scoperte; Leonardo da Vinci, dico, possedette veramente il metodo scientifico?

Senza alcun dubbio, lo possedette, anzi lo creò!

Non ignorando buona parte dell'opera degli antichi, che lesse da sè e con l'aiuto di Luca Pacioli, suo intimo amico, di Marcantonio dalla Torre, del padre di Paolo Toscanelli e di altri, con sagace spirito egli pose l'esperimento a base d'ogni scienza ed arte, l'esperimento completato dalla più alta speculazione. « La sapienza è figliola della sperienza » sentenziò egli. « A torto si lamentano gli uomini della innocente esperienza, quella spesso accusando di fallacie e di bugiarde dimostrazioni ». « La sperienza non falla mai, ma sol fallano i vostri giudizii » — diceva a coloro che non conoscevano l'arte di sperimentare, — «promettendosi di quella effetto tale, che nei nostri esperimenti causati non sono». E

altrove proclama la sperienza, « interprete in fra l'artifiziosa natura e l'umana spezie ». Essa « ne 'nsegna, ciò che essa natura in fra mortali adopra, da necessità costretta ». Nè basta un solo esperimento. « Innanzi di fare di questo caso una regola generale », — suggerisce egli — « sperimentalo due o tre volte, guardando se le sperienze producono gli stessi effetti ». Egli aveva in dispregio i puri speculatori, « che hanno sol co' l'imaginazione voluto farsi interpreti fra la natura e l'uomo ». Ben è vero che « l'esperienze ingannano chi non conosce loro natura »; ma egli ben vedeva che « quelle, che spesse volte paiono una medesima, spesse volte son di grande varietà ». E ammoniva: « Fuggi i precetti di quelli speculatori, che le loro ragioni non sono confermate dalla esperienza ».

5. Posto l'esperimento come base del metodo scientifico, vediamo come lo sperimentatore debba condursi sul difficile terreno della scienza, che è « quel discorso mentale, il quale ha origine dai suoi ultimi principii (oltre) de' quali in natura null'altra cosa si può trovare, che sia parte d'essa scienza ».

« Ogni nostra cognizione principia da' sentimenti »: ecco la sua professione di fede naturalistica. Ma tutti i nostri sensi, da soli, c'ingannano, qual più (odorato, gusto, tatto), qual meno (orecchio, occhio). E c'inganna anche da solo il giudizio; anzi « nessuna cosa è, che più c'inganni, che fidarsi del nostro giudicio, senz'altra ragione; e il massimo inganno delli omini è nelle loro opinioni ». Onde segue che

nel giusto equilibrio fra esperienza e speculazione consiste il buon metodo scientifico.

In che i secoli seguenti a quello che fu suo hanno completato il profondo pensiero di Leonardo? Non dobbiamo noi tutti sperimentatori riconoscere in lui il padre nostro?

E la teoria vada innanzi alla pratica. « Studia prima la scienza e poi seguita la pratica, nata da essa scienza ». « La scienza è il capitano, e la pratica sono i soldati ». Potevasi più a viso aperto condannare il brutale empirismo, come aveva condannato « tutte le scienze, che finiscono in parole », le quali « hanno sì presto morte, come vita »?

E altrove dice, quasi per mantenere l'equilibrio fra pratica e teoria: « Ma prima farò alcuna esperienza avanti ch'io più oltre proceda, perchè mia intenzione è allegare prima l'esperienza, e poi colla ragione dimostrare perchè tale esperienza è costretta in tal modo ad operare ».

Quando però s'intese la ragione dei fatti, non c'è più bisogno d'esperienze, le quali dall'uomo sono fatte appunto per intender quella ragione. « Nessuno effetto è in natura senza ragione; intendi la ragione, e non bisogna sperienza ». E, intesa finalmente per via sperimentale la ragione d'alcuna cosa, per deduzione si possono trarre varie conseguenze. « Non è da biasimare lo mostrare, infra l'ordine del processo della scienza, alcuna regola generale, nata dall'antidetta conclusione ».

Per ragione d'un effetto naturale o d'una cosa

Leonardo però è ben lontano dall'intendere l'essenza dei fenomeni e delle cose, già che egli sa che « la diffinizione di nessuna quiddità delli elementi non è in podestà dell'omo, ma gran parte de' loro effetti son noti ».

6. Leonardo ebbe piena coscienza delle vie nuove che schiudeva all'indagine scientifica. Tuttavia egli non disprezzò mai gli antichi pensatori, dei quali seppe ben apprezzare il merito, dov'era in realtà. « Molti — egli dice — mi crederanno ragionevolmento potere riprendere, allegando le mie prove esser contro all'autorità d'alquanti uomini di gran reverenza, presso de' loro inesperti giudizii; non considerando le mie cose essere nate sotto la semplice e mera esperienza, la quale è maestra vera ». « Diranno, che per non avere io lettere, non poter ben dire quello di che voglio trattare: or non sanno questi, che le mie cose son più da essere tratte dalla sperienza, che d'altrui parole? La quale fu maestra di chi ben scrisse, e così per maestra la piglio, e quella in tutti i casi allegherò ».

« Quando la filosofia — dice a questo proposito il Solmi (51) — cessa di essere un comento alle parole altrui, ma diventa vita del pensiero, allora comincia ad acquistare un significato e un valore. Il ricercatore, che osava, colle sole forze della propria mente, affrontare la soluzione del problema dell'essere, era un individuo isolato dalla corrente comune, nel secolo XV ». Questa indipendenza di pensiero, che è la caratteristica d'ogni genio, costituisce la maggior gloria di Leonardo.

7. Da certi luoghi degli scritti di lui alcuno potrebbe esser portato a credere che egli fosse affetto da quella malattia onde sono colpiti molti degli antichi e moderni vitalisti, voglio dire il « finalismo ». No; pare ma non è; egli scrive spesso coi termini degli antichi « finalisti », ma è il più convinto « determinista ».

« O speculatore delle cose — scrive Leonardo — non ti laudare di conoscere le cose, che ordinariamente per sè medesima la natura, per sua ordini, naturalmente conduce; ma rallegrati di conoscere il fine di quelle cose, che son disegnate dalla mente tua! » Del solo finalismo che è nel nostro pensiero è lecito ragionare.

E della necessità nei fatti naturali egli tratta qua e là in poche parole magistralmente così: « La necessità è maestra e tutrice della natura. La necessità è tema e inventrice della natura, è freno e regola eterna. Natura non rompe sua legge. La natura è costretta dalla ragione della sua legge, che in lei infusamente vive. O mirabile e stupenda necessità, tu costringi colla tua legge tutti li effetti, per brevissima via, a partecipare delle lor cause! Questi sono li miracoli! »

Conchiudendo, tutti i precetti di Leonardo concernenti il rigoroso metodo scientifico sperimentale possono essere formulati brevemente con queste sue parole: « Il bono giudizio nasce dal bene intendere, e il bene intendere diriva da ragione tratta da bone regole, e le bone regole sono figliole della bona sperienza, comune madre di tutte le scienze e arti ».

8. Leonardo applicò il metodo sperimentale nelle innumerevoli indagini ch'egli stesso fece nel campo della meccanica, della fisica, della botanica, della fisiologia e di tutte le altre discipline, che coltivò con eguale ardore. Ma fra tutte le scienze egli predilesse la meccanica, che chiama « paradiso delle scienze matematiche, perchè con quelle si viene al frutto matematico ». Della matematica infatti fu egli anche insigne cultore. « Nessuna umana investigazione — dice — si po' dimandare vera scienza, s'essa non passa per le matematiche dimostrazioni. E se tu dirai che le scienze, che principiano e finiscono nella mente, abbino verità, questo non si concede, ma si nega, per molte ragioni, e prima che in tali discorsi mentali non accade esperienza, senza la quale nulla dà di sè certezza ». Le matematiche, però, egli apprezza come strumento di gran pregio, nelle mani dello sperimentatore, non come fine a sè stesse. « Chi biasima la somma certezza della matematica — dice in un luogo — si pasce di confusione, e mai porrà silenzio alle contraddizioni delle sofistiche scienze, colle quali s'impara uno eterno gridore ». E in un altro luogo: « La proporzione non solamente nelli numeri e misure fia trovata, ma etiam nelli suoni, pesi, tempi e siti, e a qualunque potentia si sia ». « Nessuna certezza è dove non si può applicare una delle scienze matematiche, over che non sono unite con esse matematiche ». E finisce: « Non mi legga chi non è matematico, nelli mia principii ».

Abbiamo detto però che le basi, sulle quali si fonda la conoscenza dei fenomeni del mondo, non sono date dalle matematiche, bensì dall'indagine sperimentale. In ciò il pensiero di Leonardo, che si propaga poi a Galileo, differisce da quello di Niccolò da Cusa che genera il pensiero di Cartesio. Per questi due, il metodo gnoseologico per eccellenza è il deduttivo; per Leonardo e per Galileo, invece, è l'induttivo.

La pratica sperimentale conduce lo scienziato a stabilire regole e leggi generali, che costituiscono la teoria, l'importanza della quale è grandissima, secondo Leonardo, perchè essa poi dirige e governa la pratica. La conoscenza teorica è indispensabile in ogni disciplina; ma il patrimonio teorico non può accrescersi senza la pratica sperimentale. La teoria, da sola, è sterile. D'altro canto, « quelli che s'innamorano della pratica senza la diligenza, ovvero scienza, per dire meglio, sono come i nocchieri, che entrano in mare con una nave senza timone o bussola, che mai non hanno certezza dove si vadano. Sempre la pratica deve essere edificata sopra la buona teorica ».

Dunque « il conoscere e il fare si compiono a vicenda, e l'opera presuppone la conoscenza, come la conoscenza trova il suo coronamento nell'opera » (Solmi). Ma sempre « la genesi del retto sapere è dall'esperienza alla regola astratta, dalla regola astratta alla conoscenza dei fatti per le loro ragioni, dalle quali deriva il bene intendere, che si traduce

nel buon giudizio, portato sulla infinita varietà dei fenomeni, nei singoli e diversi casi particolari ».

Stabilite le leggi generali, se si vuole che queste assurgano a suprema certezza, le si fissino mediante la matematica, e le si rendano proficue deduttivamente.

Questi principii di sana gnoseologia, Leonardo tradusse in pratica, come ho detto, in ogni opera sua; si può dire che formavano anzi la trama del suo pensiero. Egli non li apprese da alcuno, li creò basandosi sulla propria esperienza. Per molto tempo niuno gliene ha riconosciuto la proprietà originale, perchè i suoi scritti erano rimasti sconosciuti. Maturati i tempi, quei principii furono poi di nuovo predicati da Bacone, che non li attuò, e da Galileo che ad essi conformò tutta la sua lunga vita di scienziato. Ma la priorità spetta a Leonardo: ciò è indiscutibile.

9. Ma se egli li avesse solamente attuati nella pratica delle scienze naturali, noi forse oggi non ce ne maraviglieremmo tanto, essendo persuasi che le scienze naturali hanno per unica base quei principii. Ciò che stupisce, invece, è che Leonardo li volle a base anche delle arti, specie della pittura, prima fra tutte. Ecco, secondo lui, quale uomo deve essere il pittore.

« Al pittore è necessario le matematiche appartenenti a essa pittura, e la privazione di compagnie che sono alieni dalli loro studi, e cervello mutabile, secondo la direzione delli obbietti, che dinanti se li

oppongono, e remoti da altre cure. E se nella contemplazione e difinizione d'un caso se ne l'interpone un secondo caso, come accade quando l'obbietto muove il senso, allora di tali casi si debbe giudicare quale è di più faticosa difinizione e quel seguitare insino alla sua ultima chiarezza e poi seguitare la definizione dell'altro ».

Tal fu egli stesso. Deve dipingere un albero, e comincia dallo stabilire la legge di ramificazione dei rami e dell'appiccarsi delle foglie in sullo stelo; dallo studiare la stratificazione nei tronchi, e la nutrizione delle piante e la funzione delle radici. Deve eseguire la statua equestre di Francesco Sforza; è obbligato a lavorarvi su circa sedici anni, senza mandarla a termine, perchè comincia a studiare l'anatomia del cavallo in tutti i minimi particolari.

Così, si comprende che la pittura per Leonardo diventa filosofia, diventa scienza. « La pittura — dice egli — prima è nella mente del suo speculatore, e non può pervenire alla sua perfezione senza la manuale operazione ». Ma bisogna che il pittore conosca la prospettiva, che è « briglia e timone della pittura », e senza la quale il pittore « è come lo specchio, che in sè tutte le a sè contrapposte cose imita senza cognizione di esse ».

Leonardo ha in mente di fare un trattato di pittura utile agli artisti; ma si accorge di sorpassare i limiti dei precetti necessarii, e di entrare nelle dissertazioni puramente scientifiche. Dopo avere raccolto le sue osservazioni sulla struttura e funzione

delle piante, scrive. « Et benchè queste cose non serve alla pittura, pure io le scriverò per lasciare men cose indietro sugli alberi, che alla mia notizia sia possibile ».

Egli s'innamora, per via, del resultato scientifico delle sue indagini, e le prosegue, talora dimenticando il fine pratico.

Egli è che Leonardo non può concepire un'idea senza portarla alle più alte cime del pensiero scientifico (Solmi); come il pittore filosofo, non può non fermarsi sulle difficoltà che incontra per via.

Egli vuole abbracciare tutto il mondo nella mente sua. Ogni fenomeno è collegato a moltissimi altri; deriva da altri e ad altri dà origine; è un anello di una catena infinita. Leonardo non può tenersi pago della conoscenza di un caso singolo; per lui è un bisogno assoluto padroneggiare tutte quante le seguenze e le coesistenze della natura. Per ciò egli è il vero genio, il genio completo.

10. Egli spaziò per tutta la filosofia naturale, quanto era possibile a que' tempi. Possiede da maestro il principio di causa ed effetto. « Dato un principio (cioè una causa) — egli dice — è necessario che ciò che seguita di quello è vera conseguenza di tal principio, se già non fussi impedito; e se pur seguita alcuno impedimento, l'effetto che doveva seguire dal predetto principio, partecipa tanto più o meno del detto impedimento, quanto esso impedimento è più o meno potente del già detto principio ».

E per quanto riguarda la verificazione della legge di causalità nel campo della meccanica, ecco due proposizioni che ci fanno conoscere brevemente il pensiero di Leonardo. « Ogni azione naturale è generata », egli dice. « La forza in corpi non si può creare senza forza ».

Stabilito che « natura non rompe sue leggi », che « la necessità fa che la natura ordini », che la necessità vive « infusa in essa natura », che « natura vuole, costretta dalla ragione della sua legge » ; egli poi afferma che « una medesima cagione fanno varii effetti », e che « tolte le cagioni, mancheranno li effetti »; che « quella proporzione è da effetto a effetto quale da causa a causa » ; e finalmente che « essendo le cause eguali, gli effetti fieno simili e eguali ».

Che Leonardo abbia avuto un concetto di *causa* assai diverso da quello degli antichi, lo provano molti passi dei suoi scritti, specialmente dove parla del trapassare e permanere nel fenomeno effetto la forza del fenomeno causa. Infatti, egli dice « che la forza accompagna la cosa da lei mossa tanto, che consuma sè medesima, e la cosa mossa non può seguitare suo moto, perchè cessando la causa cessa l'effetto ». Mirabile è la frase : — « la forza accompagna la cosa da lei mossa » —; la forza *causa* non è dunque un'entità che rimane fuori del corpo mosso, ma qualche cosa che si consuma nell'effetto.

E così, altrove, dice : « impeto è una potenza impressa dal motore al mobile » ; e più oltre, in altro

proposito, « (. . . . che ogni impressione desideri permanenza . . . .) provasi nella impressione fatta dal sole nell'occhio d'esso risguardatore, nella impressione del sono fatto dal martello, di tal campana percussore ». Ma dove apparisce chiaramente che per lui la legge di causalità era nient'altro che la descrizione completa della concatenazione necessaria dei fenomeni naturali, è in questo passo:

« Quando alcuna cosa, cagione dell'altra, induce per suo movimento alcuno effetto, e' bisogna che 'l movimento dell'effetto seguiti il movimento della cagione ».

Lette queste righe, non può rimanere alcun dubbio: Leonardo intendeva la parola *causa* non come un *quid* per sè operante l'effetto, bensì come il tutto insieme dei fenomeni precedenti e determinanti quel fenomeno che chiamiamo effetto, e che, a sua volta, entra come fattore in un altro tutt'insieme di fenomeni causa d'un altro effetto.

11. Nell'opera di Leonardo troviamo la prova sicura di quanto può produrre un altissimo ingegno, se è guidato da metodo scientifico rigoroso. Io non posso indugiarmi a dimostrare ciò, partitamente, traendo esempi dagli scritti di lui, dove non si sa più se ammirare la finezza dell'analisi o la potenza della sintesi. Mi limiterò, quindi, a un solo ultimo cenno, riferendo certi suoi pensieri, che racchiudono vedute oltrepassanti di gran lunga i suoi tempi.

Egli esprime, a modo suo, il concetto che dai corpi partano delle vibrazioni, le quali propagan-

dosi per « linie radiose », giungono a impressionare i nostri sensi. Ciò che parte dai corpi, egli chiama talvolta « spezie », tal'altra « similitudini ». In generale, egli afferma « li obbietti empiere l'aria delle loro similitudini . . . . ». Poi, qua e là, specificando dice per es. del sole, che « manda fori di sè di due ragioni *spezie;* la prima luminosa, l'altra del calore . . . . ». Evidentemente egli intende parlare di due specie di radiazioni, luminose e caloriche.

« L'orecchio — dice altrove — riceve le spezie delle voci per linie rette e curve e rotte, e nessuna tortura po' rompere il suo ufizio ».

Che queste « spezie » o « similitudini » non appartengano in proprio all'aria « ma in questa siano infuse » dai corpi, egli dice chiaramente in un passo mirabile, che è necessario citare testualmente.

« L'aria per sè è fredda e secca . . . (dunque le *spezie* del calore e dell'umidità vi provengono dai corpi caldi e dagli umidi) . . . . ed è privata d'ogni materia e vapori e convertesi volentieri — o veramente infonde dentro a sè la natura similitudine di quelle cose che la toccano, ...

. . . . quando una cosa odorifera, come moscato o zolfo o altro potente odore, la tocca, subito s'infonde per essa (aria). Ancora un corpo luminoso fia posto in essa, tutta la circumstante aria s'alumerà ».

Tutte queste *spezie* e *similitudini* si muovono dai corpi e si propagano in forma di raggi. Delle *spezie luminose* egli dice espressamente: « Tutte le spezie

delle cose all'occhio antiposte concorrano per linie radiose alla superficie di tale occhio . . . . »; il che è vero anche di tutte le *spezie*.

E finalmente ecco una meravigliosa figurazione che fa Leonardo delle radiazioni correnti per l'aria.

« Il corpo dell'aria è pieno d'infinite piramidi radiose, causate da le cose poste in essa, le quali, intersegate e intessute, senza occupazione l'una dell'altra, con disgregante concorso s'infondano per tutta (la) circumstante aria, e sono d'eguale potentia, e tutte possano quanto ciascuna, e ciascuna quanto tutte, e per essa la similitudine del corpo è portata tutta per tutte, e tutta in nella parte, e ciascuna per sè riceve in ogni minima parte tutta la sua cagione ».

Se per un momento si pensi che il Maestro parli delle forme dell'energia raggiante e delle vibrazioni correnti per l'aria, non si può sostituire imagine più artistica a quella di lui.

12. E la propagazione per alcune delle « spezie », avviene a mo' di onde. Bisogna rammentare che a Leonardo spetta il merito d'aver fondato la teoria delle ondulazioni, e d'averne fatto un principio unificatore di molti fenomeni naturali.

Le onde, nel loro moto circolare, non si disturbano fra loro. « Io dico, che se tu getterai in medesimo tempo due piccole pietre, alquanto distanti l'una dall'altra, sopra un pelago d'acqua senza moto, tu vedrai causare intorno alle due dette percussioni due separate quantità di circuli, le quali quantità,

accrescendosi, vengono a scontrarsi insieme, e poi a 'ncorporarsi, intersegandosi l'un circolo coll'altro, ma sempre mantenendosi per centro i lochi percossi dalle pietre ». E come quelli dell'acqua, la teoria delle ondulazioni comprende anche i moti dell'aria. « Perchè, in tutti i casi del moto, l'acqua ha gran conformità coll'aria, io l'allegherò per esempio alla (mia) proposizione ». « Benchè le voci (cioè i suoni) che penetrano quest'aria si partono con circulari movimenti delle loro cagioni, nientedimeno i circoli mossi da diversi principii si scontrano insieme, senza alcun impedimento, e penetrano e passano l'uno nell'altro, mantenendosi sempre per centro le loro cagioni ».

E, finalmente, lo stesso può dirsi della luce. « Siccomè (egli scrive) la pietra gettata nell'acqua si fa centro e causa di vari circoli, e il suono fatto nell'aria circularmente si sparge; ogni corpo posto infra l'aria luminosa circularmente si sparge e empie le circostanti parti d'infinite similitudini, e appare tutto per tutto e tutto in ogni parte ».

Vorrebbe poi Leonardo a quanto sembra, con ardimento senza pari, raffigurare anche la mente umana come centro d'origine di vibrazioni propagantisi per l'universo. Ecco, infatti, la seguenza di fenomeni, ch'egli, logico sereno e rigoroso, stabilisce:

« Il moto della terra contro alla terra, ricalcando quella, poco si muove la parte percossa.

« L'acqua percossa dall'acqua fa circoli d'intorno al loco percosso.

« Per lunga distanza la voce infra l'aria.

« Più lunga infra 'l fuoco. . . .

« E più la mente infra l'universo; ma perchè l'è finita non s'estende fra l'infinito ».

È veramente da ammirare questo tentativo d'unificazione dei fenomeni cosmici, compresa la mente umana. E poi che siamo in argomento d'ondulazioni, il monismo vinciano sarebbe un monismo energetico, il solo che possa soddisfare l'intelletto d'un naturalista filosofo.

CAPITOLO III.

Cenni su l'opera filosofica di Maurizio Bufalini

---

1. Se, dopo Leonardo, io oso parlare di Maurizio Bufalini, non è già perchè presuma di mettere a confronto i due uomini. Un tal confronto sarebbe quasi una profanazione, tanta distanza corre fra la mente universale del primo e l'opera modesta del secondo. Ma essi ebbero in comune un punto principalissimo, la profonda convinzione che fuori del metodo sperimentale non v'ha certezza scientifica; e tale convinzione bandirono « con logica pedante », come avrebbe detto R. Mayer, il primo nei suoi scritti, rimasti per molto tempo inediti, il secondo negli scritti e dalla cattedra, per tutta la sua vita.

Non è già che prima di Maurizio Bufalini in Italia non fosse stata riconosciuta l'importanza del metodo sperimentale; chè anzi col risorgimento delle scienze fisiche e delle discipline biologiche, effettuatosi fra noi principalmente per opera di Galileo, del Torricelli, del Matteucci, del Fontana (52), di L. Spallanzani, di Francesco Redi, di Alfonso Borelli e di tanti

altri sommi, l'Italia mostrò di essere la terra classica generatrice dei più possenti e fruttuosi movimenti intellettuali, non escluso quello che intendeva a diffondere l'uso del metodo sperimentale nelle scienze naturali. Ma il merito precipuo di M. Bufalini sta nell'aver egli, con intuizione veramente geniale, compreso che anche nelle discipline mediche dovevasi applicare quel metodo, se si voleva sottrarle al dominio dei tanti pregiudizii che le inquinavano, se volevansi elevare quelle discipline alla dignità di scienze naturali.

Io credo che in tale intuizione e nel bandire tale suo profondo convincimento M. Bufalini non sia stato, nè in Italia nè fuori, preceduto da altri. Giovane ancora, egli si mise contro la corrente impetuosa dei radicati pregiudizii, contro i suoi stessi maestri, in atteggiamento fermo di combattente, sostenuto dalla coscienza sicura della verità che proclamava. Si oppose all'andazzo della scienza ufficiale; ma dopo lunghe lotte provò la gioia della vittoria, perchè le sue ragioni furono universalmente riconosciute giuste, e al suo merito fu dato anche ufficialmente degno premio, con l'assegnamento di quella cattedra di Clinica medica, nello Studio Fiorentino, che egli per molti anni tenne ed illustrò.

2. Maurizio Bufalini nacque il 4 giugno 1787; salì la cattedra in Firenze, il 27 aprile del 1835; e morì, venerato dagli amici e dai discepoli, il 31 marzo del 1875.

Fonte genuina di notizie sulla vita e le opere di

lui, non che di istruzione e di educazione per chi legge, sono i suoi *Ricordi* (53), che egli scrisse non per vana gloria, ma per altrui giovamento. « Non credo — si legge al principio di quell'opera — che alcuno possa o debba scrivere di sè medesimo alcuna cosa, che non apporti giovamento o alle scienze o agli uomini; imperocchè a me è sembrato sempre troppo orgoglioso il pensiero di chiamare l'attenzione del pubblico sopra oggetti del tutto particolari e proprii di chi scrive ».

Rimandando il lettore a questa preziosa Autobiografia, per quanto riguarda la vita e l'opera di M. Bufalini, io qui voglio solamente, valendomi di questo e degli altri suoi molti scritti, seguire l'Autore nello svolgimento del suo pensiero filosofico, per scoprire e mostrare come egli giunse a intuire il valore dell'uso del metodo sperimentale nelle discipline mediche, e come nitidamente formulò i suoi insegnamenti teorici.

3. Non può dubitarsi che, data la natura della mente del Bufalini, predisposta a riconoscere il valore del metodo in ogni estrinsecazione dell'attività umana, e ad apprezzare il rigore col quale procedono nelle loro indagini i naturalisti cultori delle scienze esatte; il fermento attivo per essa consistette nell'avere egli fin dai suoi giovani anni volto il suo spirito allo studio delle discipline filosofiche, e particolarmente della logica, studio generalmente trascurato da coloro che coltivano la medicina. Di ciò troviamo sufficienti testimonianze negli scritti del

Nostro. Nei *Ricordi* a pag. 26, dice: « Del Locke e del Condillac feci un accuratissimo estratto per mio uso . . . fin d'allora mi parve d'intravedere la necessità assoluta di seguire la sola filosofia sperimentale ». E più chiaramente, a pag. 57, aggiunge: « Stimo che solamente i primi miei studi logici, quando mi portarono nella persuasione dell'assoluta necessità di seguire il metodo sperimentale, come l'unico possibile al sapere umano, mi comandassero pure di prender la via meglio acconcia di ordinare le singolari cognizioni dei fatti solamente secondo le verificate relazioni di questi medesimi; e con questo scopo feci tutti i miei studi successivi, e quindi nel mio intelletto venni ordinando le mie cognizioni, a mano a mano che le riceveva, con quello stesso unico metodo scientifico che era stato tanto raccomandato alle mie persuasioni. Nella quale maniera di studi seguiva di necessità che nel mio intelletto medesimo gettassi le fondamenta di quell'ordine scientifico, che doveva realmente appartenere a tutte le scienze ».

« Dal che vorrei fosse argomentato quanto realmente una guida antipensata giovi alla mente nell'ordinare la scienza e nell'applicarla all'arte » (pagina 61).

Oltre al Locke e al Condillac, egli conobbe anche un poco gl'insegnamenti teoretici di Bacone; lesse Cabanis e Destutt de Fracy, e anche Kant, forse però non nelle opere originali.

Con tal corredo di cognizioni filosofiche si pose egli allo studio delle discipline mediche, perchè, dice,

« la scienza della Medicina mi pareva sorretta di più dall'esperienza; e questa era la ragione della mia predilezione per essa » (*Ricordi*, pag. 23). Ma aggiunge (*Ricordi*, pag. 52): « nelle opere degli scrittori della medicina scorgevo una grande mistura di cognizioni particolari dei fatti, ricavate dalle più accurate osservazioni degli avvenimenti delle malattie, e di teoriche fondate sopra ideati principii, non mai dimostrati veri: direi una parte troppo empirica, ed un'altra parte onninamente e falsamente teorica ». Tale era la medicina ai suoi tempi, ed egli vide la necessità di restaurarla su basi solide, su basi sperimentali, le sole capaci di darle uno sviluppo ampio e rigorosamente scientifico.

4. Formatasi la sua convinzione circa il metodo scientifico da seguirsi nella medicina, fu anche tracciata la sua via, fu stabilito il còmpito cui doveva dedicarsi per tutta la sua vita. Egli scrive infatti nei suoi *Ricordi* (pag. 140): « . . . lo scopo di tutti i miei studi medici fu mai sempre quello solo di ben riconoscere e stabilire il metodo logico della scienza ». E più oltre (pag. 142): « Realmente fu mia costante premura di richiamare l'attenzione dei medici, e posso dire pur anche di tutti i cultori delle scienze e delle lettere, ad ogni considerazione più acconcia ad assicurare il retto investigare e ragionare . . . ». Il metodo scientifico trovò in M. Bufalini un promulgatore, un banditore appassionato; egli considerò come supremo dovere quello di inoculare nella mente dei giovani la verità che egli aveva da sè intraveduta;

egli bandì la teorica del metodo sperimentale con fede e costanza di apostolo. « Esorto per ciò — egli dice (*Ricordi*, pag. 169) — di considerare profondamente che le scienze errarono per non avere posto sufficiente attenzione allo studio del metodo, e quindi per avere sempre accumulato le cognizioni dei fatti e gli erronei insegnamenti delle teoriche.

« La logica credo che sia studio supremo da doversi assiduamente invocare: tanto l'intelletto umano stimo inabile per sè stesso a seguire costantemente il vero ».

5. Altrove scrive (*Ricordi*, pag. 259): « Io ho già dimostrato che i nostri errori non sono che di fatto, nè possono essere soltanto di opinioni, e perciò, riguardando a queste sole, è impossibile di conoscere i nostri errori. Io ho pure mostrato che a conoscere l'errore delle nostre opinioni abbiamo sempre necessità di tornare alle osservazioni, o almeno alla considerazione dei fatti che le originarono; dovecchè colle comuni discussioni si contrappongono soltanto opinioni ad opinioni, e questo è modo di ragionare che non può mai in nessuna guisa ottenere alcuna fondata conclusione . . .

« . . . In tale guisa dissi che la verificazione dei fatti e della corrispondenza delle nostre opinioni con questi era il solo mezzo di discoprire i nostri errori, e per ciò le comuni discussioni ho riguardate non solo come inabili a disvelare qualunque nostro errore, . . . ». E ancora: « . . . ho ardito di applicare l'uso del metodo sperimentale anche ad argomenti

non medici, taluni pure o politici o morali o filosofici, o in genere sociali . . . ».

6. In una lettera a Filippo Mariotti del 1.° dicembre 1873 (*Ricordi*, pag. 395), egli aggiunge: « Del resto, ella forse resterà sorpreso di trovare che ben piccolo è il soccorso della ragione, e tutto sta nell'osservare con giustezza ed interezza: osservare per acquistare le cognizioni dei fatti; osservare di nuovo per verificarne la giustezza; ed osservare ancora di nuovo per comporle con ordine di scienza col mezzo delle idee soggettive; infine osservare pure di nuovo se in tale ordine sia trascorso qualche errore. Insomma sempre osservare, sì per acquistare che per rettificare le nostre cognizioni; nè mai, nè per l'uno nè per l'altro di tali oggetti, poter soccorrere alcun ragionamento, salvo che di avvertire alle necessità delle osservazioni da farsi. Direi quasi che è cancellato dalla scienza tutto il discorso speculativo, e rimane solo lo scopo di bene osservare, tanto i fatti che a noi somministrano le cognizioni sperimentali, quanto le operazioni intellettuali, che servono a comporre queste in un ordine di scienza ».

È maravigliosa la corrispondenza perfetta di questi pensieri, sommamente istruttivi, non ostante l'impronta di crudo esclusivismo che portano seco, con quelli di Leonardo da Vinci, i cui scritti rimasero di certo sconosciuti al Bufalini.

7. Questi è stato tacciato di non aver mai citato gli autori che prima di lui scrissero sul metodo sperimentale, e di avere forse esagerato la parte da lui

avuta nella introduzione di quel metodo nel campo delle discipline mediche. Tuttavia, se ciò può esser vero, detto dei primi scritti del Bufalini, dai quali si trae per altro la persuasione che egli aveva da sè stesso intuito la verità di cui si fece banditore; non può dirsi però in modo assoluto; chè noi troviamo nel suo testamento espresso il conto in cui teneva gli Antichi, specie Galileo.

Nel «Testamento di M. Bufalini» scritto il 12 settembre 1874, ecco quanto si legge a riguardo del «Metodo» (*Ricordi*, pag. 392):

« Se non che per cagione d'onore deggio ricordare, come lo stesso Galilei lasciasse uno splendidissimo esempio del metodo sperimentale, con cui egli trattò maravigliosamente le scienze fisiche e le astronomiche. Pure è forza di notare eziandio, che egli contemplava fenomeni molto più semplici di quelli della Medicina, la quale, come scienza relativa all'uomo, abbraccia anzi i fenomeni più composti, più complicati e più variabili della natura. Il Galilei poteva senza dubbio, nei fenomeni che egli contemplava, osservare agevolmente la relazione di causa e d'effetto; viceversa, questa nei fenomeni della vita morale e fisica dell'uomo non poteva essere studiata che con molte circospezioni ed industrie, intese a semplificare i fenomeni il più che fosse stato possibile.

« . . . . Mi piaceva di giustificare in questo modo, come non alla grandezza della mente del Galilei si dovesse credere sfuggita la considerazione del metodo scientifico, quando egli già lo seguiva per lo

appunto nelle sue investicazioni scientifiche; ma gli mancasse il pensiero di farne subietto di una generale dottrina, che i suoi studi non gli richiedevano, mentre al contrario io non avrei potuto progredire nello studio della Medicina senza la guida di un metodo scientifico antipensato . . . . ».

8. Dai pochi luoghi citati non si scorge bene, però, quali fossero i capisaldi della Metodologia scientifica accettati dal Bufalini e da lui predicati. Leggendo le sue opere, spesso occorre d'indugiarsi, per maravigliare all'acutezza di certi suoi pensieri; tal volta par di leggere gli scritti metodologici di colui che generalmente è tenuto per il fondatore della Medicina sperimentale, voglio dire di Cl. Bernard; tal'altra, in certe sue intuizioni generali, in certe proposizioni d'indole gnoseologica, par di avere fra mani i modernissimi cultori della filosofia naturale, sono per dire E. Mach o W. Ostwald.

Nei *Canoni dei primi più generali fondamenti dell'umano sapere*, opera dal Mariotti unita al libro dei *Ricordi*, a pag. 406 di questo volume si legge: « . . . gli oggetti da noi conosciuti non sono che *un aggregato di attributi* a noi palesi per mezzo dei sensi, ovvero della coscienza soltanto, secondo che si riferiscono ai fatti esteriori od ai fatti interiori ». Egli non dava dunque agli obietti della nostra coscienza una realtà assoluta, indipendente dai nostri sensi, dalla nostra coscienza; essi sono « aggregati di attributi », cioè piuttosto una realtà fenomenologica, che materiale.

E questi oggetti della nostra conoscenza, questi fenomeni sono tutti insieme collegati dalla relazione di causa ed effetto. « La relazione di causa e d'effetto — scrive egli a pag. 401 — non si può conoscere, se non si osserva la cagione nell'atto di operare il suo effetto: perciò ogni volta che, come accade spesso, si presentano più cagioni come acconcie alla generazione d'un effetto, noi non sappiamo quale di esse veramente lo generi; se non che rimovendole ad una ad una, scorgiamo infine quella che non si può rimuovere senza che pur si tolga l'effetto, nè si può variare senza che similmente varii l'effetto. In tale modo soltanto noi possiamo osservare il fatto della relazione di causa e d'effetto ».

. . . .

« Niuna maniera d'argomentazione è possibile per iscuoprire fatti ignoti, perciò impossibile alcuna cognizione, che non sia partorita dalla semplice osservazione dei fatti, e che venga generata in qualunque modo dalle sole operazioni dell'intelletto. In questa guisa diciamo noi essere di sola osservazione, o sperimentali, le cognizioni possibili della mente umana....».

Preziosa è, in fine, la seguente sentenza:

« . . . non ammettiamo noi la sentenza che dice dal noto arguirsi l'ignoto: l'ignoto per noi non si conosce che osservando . . . ».

9. Ma è tempo ormai di vedere, in particolare, da quali mali il Bufalini vedesse colpita la Medicina a lui contemporanea e quali rimedii egli indicasse atti a guarirla.

Il pensiero di lui potrebbe essere riassunto nelle seguenti parole. La medicina, come quella che mira alla conoscenza delle infermità onde l' uomo può essere colpito e alla scoperta dei mezzi atti a curarle, è una delle più importanti scienze naturali. Tuttavia, la Medicina è la meno progredita di tutte le scienze. Perchè?

« Egli è gran pezza — scrive (54) — che io andava volgendo in pensiero, come addivenga che la medicina sia tuttora signoreggiata dalle ipotesi, mentre l'altre scienze naturali si piegano molto più alla severità della ragione ». « Niente di meno io non credo d'appormi al falso, se tenga che questo (direi quasi) lusso di teoriche nella Medicina non da altro derivi, che dal metodo con cui ella venne mai sempre coltivata ed insegnata. Imperocchè le scienze naturali allora appunto cominciarono a progredire mirabilmente, che, messi a profitto i lumi de' grandi riformatori dell'umano sapere, presero la via da questi stessi additata. Ma la medicina, non so per quale sciagurato destino, non attinse già a sì pure fonti il suo metodo, ma seguitando le tracce de' sistematici anteriori si andò vieppiù ravvolgendo tra le ipotesi e belle immaginazioni » (*Ibidem*, pag. XIV).

E quale può essere il rimedio?

« Ricercare adunque e stabilire un metodo, col quale si possa con sicurezza di verità arguire da esteriori contrassegni la diversa occulta natura de' morbi, era il vero tentativo da intraprendersi per mettere la patologia sul diritto sentiero » (*Fondamenti*, ecc., I, pag. CXIX).

Il metodo è il metodo *analitico* o *positivo* o *sperimentale*, basato sulla osservazione dei fatti e sulla retta induzione e deduzione. « Quindi nasce pel medico la necessità di lungo, paziente e iteratissimo osservare, prima che egli possa raccogliere alcuna certa deduzione ».

« . . . Ma la fedeltà a un tale principio fondamentale di tutte le scienze sperimentali ella è pure l'unica maniera di rendere la patologia tutta di fatto, e di equipararla una volta alle altre scienze naturali » (*Fondamenti*, I, pag. CXLIII).

10. Felicissimo è il Bufalini nell'aspra critica che muove a coloro che vorrebbero scoprire le cause ultime de' morbi. Questa critica è un elemento importantissimo di tutta la sua dottrina; perchè, secondo lui, la mancanza di metodo nella medicina, l' infimo livello al quale questa scienza è rimasta, sono una conseguenza dell'aver sempre perseguito l' ideale vuoto della ricerca delle cause ultime, in luogo di tenersi alla sagace osservazione e comparazione dei fatti. Volevasi conoscere la « intrinsechezza dei morbi », la natura del male, anzi dei mali, che si classificavano senza conoscerli. Giustamente quindi il Bufalini scriveva: « E non è dubbio ancora che la vera intrinsechezza di quelle alterazioni si rimanga così impenetrabile per noi, come la natura del subietto che vive, e i modi della sua organizzazione, e le ragioni de' suoi poteri vitali. Laonde la cognizione di queste interne alterazioni non può giammai ottenersi compiutamente, ma tutt'al più egli n'è dato di raccogliere da' segni

apparenti le loro differenze senza però intendere la ragione delle medesime. Di che nasce la necessità di un sobriissimo giudicare nelle cose della patologia: sebbene poi nè anche la scienza de' corpi non vivi sappia permettere un molto maggiore spazio alle sue ricerche; giacchè il chimico (a cagion d'esempio) quando per variata combinazione di particelle osserva nascere ne' corpi moltissime diversità di apparenti proprietà, ignora pure come sia quella maniera di combinazione che le ingenera, e in che modo possano elle dalla medesima prorompere, nè osa nemmeno di indagarlo, persuaso che non potrebbe giammai squarciare il velo di tanto mistero. (55) E il medico ardirebbe egli quello che hanno creduto temerario intendimento i chimici, i quali pure sembra che comandino all'interno componimento de' corpi?...

« . . . Ma i chimici cercarono eglino perchè l'acido arrossi la tintura del tornasole, e il calorico dilati i corpi? Osservarono bene questo fenomeno, e lo indagarono in tutte le sue relazioni possibili, d'onde poi ricavarono le leggi con le quali suole accadere, e di tutto ciò contenti non ardirono il ricercarlo più addentro » (*Fondamenti*, I, pag. XVI).

Non altrimenti avrebbe scritto, assai più tardi, R. Mayer o E. Mach, circa all'indole delle nostre conoscenze. Ma il nome di M. Bufalini non è ricordato, e nemmeno conosciuto, dai moderni scrittori, come quello di un profondo filosofo della natura, tanto più diffusa è la fama di lui come clinico insigne. Onde è che io voglio rilevare qui e additare agli

studiosi principalmente il valore dello scienziato teorico, citando integralmente altre parole di lui, che non hanno bisogno di comento, tanta è la chiarezza e precisione della forma con cui egli sempre esprime il suo pensiero.

« Io scrissi già un'altra volta — prosegue il Nostro — che era veramente strano e difficile a comprendersi come taluni, confessata la impossibilità di conoscere la origine de' fenomeni della rude materia, con tanto studio poi e con tante fatiche si sieno affannati di raccogliere l'origine dei fenomeni organici, . . . » (*Fondamenti*, I, pag. XVIII). E altrove: « Si dice non conoscere noi per mezzo dell'esperienza, che soli fenomeni, nulla mai delle cagioni di questi o dell'essenza delle cose. Tenghiamo pure, se così piaccia, non essere che apparenze fenomeniche tutte le cose di cui i sensi e la coscienza ci rendono testimonianza; e ragionamone come d'altrettanti aggregati di fenomeni. Che sappiamo dunque noi di tali aggregati? I corpi ci si presentano come un aggregato di certe loro abitudini a produrre in noi certe particolari sensazioni: attitudini, che abbiamo denominate qualità sensibili, come sono la gravità, l'estensione, la figura, l'impenetrabilità, il colore, ecc.

« Che cosa sieno in sè stesse le qualità sensibili e le forze dei corpi, ignoriamo affatto e ignoreremo mai sempre; nè sappiamo nemmeno, se insieme riunite le dette qualità e forze appartengano a due subietti distinti o ad uno solo: le une e le altre però veggiamo costantemente riunite in forma di un aggregato fenomenico non separabile nelle sue parti... » (56).

Io non so trovare modo migliore di esprimere la mia ammirazione per un intelletto capace di scrivere tali parole, e però capace delle più vaste ed alte vedute teoriche, se non ricordando che, leggendo il libro di E. Mach intitolato: *Die Analyse der Empfindungen und das Verhältniss des Physischen zum Psychischen* (IV verm. Auflage, Jena, G. Fischer, 1903), e il libro di W. Ostwald dal titolo: *Vorlesungen über Naturphilosophie* (II Auflage, Leipzig, Veit et C., 1902), si trovano espressi analoghi e talora identici concetti!

Egli avvertiva poi che « . . . le idee generali ed universali non sono nè puri nomi, nè propriamente hanno archetipo nella natura ». E aggiungeva: « . . . una fonte larghissima di errori deriva alle nostre scienze: 1.° dal trascorrere a riguardare le idee astratte e le generali come giustamente rispondenti con reali oggetti esteriori, 2.° dal non fissare esattamente o non ricordare gli elementi tutti, dei quali si compongono le idee generali » (*Prolegomeni*, pagina 21).

Ricorderò che lo Stallo, per es., insiste molto su tali fonti di errori metafisici. Ma a me preme segnalare che, assai prima che a lui, al Bufalini non erano esse sfuggite!

11. Un'altra piaga, che affliggeva la medicina di quel tempo, anzi tutte quante le discipline biologiche, era il vitalismo, quello della più antica e peggiore maniera. Contro di esso, M. Bufalini si levò fin dai suoi giovani anni, già nel suo scritto polemico intitolato: *Cicalate intorno alla Medicina analì-*

tica (57). Il Matteucci, nel 1835, e poi più tardi ancora nel 1839 e nel 1844 (58), scese anche in campo contro l'antica dottrina della « forza vitale », ma preceduto, come abbiamo detto, dal Bufalini; il che ebbe a riconoscere anche M. Schiff, in una lettera che questi scrisse al Bufalini il 14 luglio 1874, nella quale si legge: « Ora sono convinto che io mi sono ingannato in quanto all'originalità assoluta delle vedute espresse dal Matteucci, e che il pensiero essenziale venne espresso da Lei con una acutezza che non posso abbastanza ammirare ».

Nel *Discorso Preliminare* ai suoi *Fondamenti* ecc., il Bufalini scrisse: « io credo di avere dimostrato (1813, 1819, 1825) abbastanza che la forza vitale di necessità è da riguardarsi come composta, che vuol dire doversi estimare nella stessa ragione, con cui si considera il composto dal quale scaturisce » (loc. cit., pag. XXXIII); e altrove: « . . . tra la forza medesima e la organizzazione non si può mettere alcuna differenza . . . » (loc. cit., pag. CXVI).

12. Al *Vitalismo* il Bufalini oppose il suo *Metodo scientifico*, che è poi il nostro metodo sperimentale; e lo fece prestissimo, all'inizio della sua carriera.

Anche prima del 1825, e propriamente nel suo primo lavoro, dal titolo: *Saggio sulla Dottrina della vita* (59), pubblicato nel 1813, aveva già dato « il primissimo disegno di quel *metodo scientifico generale* », che quind'innanzi poi sviluppò con tutte le sue forze. Fu infatti negli scritti successivi che egli svolse ampiamente i rudimenti accennati, particolarmente nei

Fondamenti di Patologia Analitica e nelle *Instituzioni di Patologia Analitica* (specie nel vol. I: *Prolegomeni*), opere già sopra citate, e finalmente nei *Quesiti sul Metodo scientifico* (*ai savi ed ingenui cultori della medicina*) (60). Degni di nota sono pure quelli che possono considerarsi come i due suoi ultimi scritti scientifici: *Sul metodo scientifico e specialmente sull'Induzione: Schiarimenti* (61), e l'altro: *Delle più essenziali ragioni del metodo scientifico: Sommario* (62).

13. Il *metodo scientifico* consiste essenzialmente nell'analisi sperimentale: ciò fu detto e ripetuto dal Bufalini. Ma le sue parole rimasero inascoltate, anzi quasi sconosciute.

Giustamente egli consiglia di procedere per analisi nelle scienze naturali. « Per ciò se taluni stimarono il metodo analitico acconcio solamente a condurre alla cognizione dei particolari, non mai all'acquisto delle verità generali e dei principii, fu solo perchè confusero l'analisi, funzione della mente, col metodo necessario alla ricerca del vero; e quando si negò da taluni, che l'analisi procedesse, come altri insegnarono, dal semplice al composto, e dal particolare al generale, fu pure perchè i primi considerarono l'analisi come sola funzione della mente, mentre i secondi la riguardarono come metodo che realmente inchiude in sè stesso le funzioni analitiche e le sintetiche » (63).

Udiamo poi che cosa dice dell'esperimento e dell'osservazione.

« Lo esperimento è un grande soccorso a riconoscere la mentovata connessione (di causa ed effetto),

imperocchè serve esso appunto a rimovere le possibili cagioni d'un fenomeno, fino a che si rinvenga quella, che non si può togliere senza annientare il fenomeno stesso; o serve altrimenti a far nascere gli aumenti e i decrementi delle supposte cagioni, per osservare con quale di esse rispondano gli aumenti e i decrementi dell'effetto. Così le scienze quanto più sono suscettive dello sperimento, tanto più si allargano nella cognizione precisa delle attenenze di causa e d'effetto; onde è che nell'economia dei viventi, riuscendo anzi l'uso dello sperimento tanto più ristretto, quanto più cresce la composizione dell'essere che vive, si ha grandemente difficile e limitata la cognizione delle vere attenenze dei fenomeni colle proprie cagioni. Conviene allora aspettare dalla natura medesima il caso dell'eliminazione delle possibili cagioni, o la dimostrazione della corrispondenza degli aumenti e decrementi di esse coi proprj effetti. Però in proporzione che diminuisce il soccorso dello sperimento, si accresce la necessità di più numerose osservazioni » (*Prolegomeni*, pag. 24).

Non si poteva meglio dissertare sulle relazioni che corrono fra osservazione ed esperimento. E continua: « Erroneamente dunque disputarono del metodo analitico coloro, che, riguardando piuttosto alla denominazione, di quello che alla dichiarazione di esso, lo stimarono riposto nelle sole funzioni analitiche, e così lo dissero inabile a condurre alle idee generali e ai principj: nè meglio al certo lo intesero quelli, che supposero si dovesse completare col metodo in-

duttivo, quasi veramente l'induzione non fosse già una parte di esso medesimo, ed una parte eziandio meno concludente di quella, che lo stesso metodo raccomandava, come necessaria alla cognizione del vero. Due condizioni però vedemmo essenziali a tale metodo, cioè che in primo luogo ogni funzione del pensiero abbia mai sempre la percezione a primo fatto fondamentale, e in secondo luogo cominci necessariamente con l'analisi. In questo modo l'osservazione e la sperienza, indispensabili a procacciare le percezioni, sono pure la prima sorgente delle nostre cognizioni: onde è che tale metodo con molta convenevolezza si disse anche sperimentale; nè sarà certo affatto improprio il denominarlo analitico, non già perchè accolga la sola analisi, ma bensì perchè comanda di dovere costituire nell'analisi la prima fondamentale funzione del pensiero » (*Prolegomeni*, pag. 30-31).

14. Alla dottrina del vitalismo M. Bufalini oppose però non solamente il metodo scientifico, ma una teoria fisica e chimica della vita, la quale, per altro, non può considerarsi come sua originale, essendo essa già nella mente di tutti i biologi che, come Bufalini, provavano avversione per la « forza vitale ». Come fatto di reazione, la nuova dottrina fu salutare; ma vedremo che sì la nuova come l'antica dottrina, erano entrambe troppo esclusive e però parziali.

Ecco che cosa Bufalini scrisse in nota, a pag. 114 dei suoi *Prolegomeni* alle *Instituzioni*, in un'edizione evidentemente posteriore: « Così le nuove indagini,

le nuove considerazioni, e le nuove scoperte riuscirono pure non a disdire, ma a confermare quest'altra grande verità da me propugnata, risultare cioè le funzioni dei viventi da un insieme di azioni meccaniche, fisiche, o chimiche, non abbastanza conosciuto, e non mai del tutto conoscibile, nelle sue particolarità; e perciò non essere possibile provare, che le funzioni stesse si compiano con leggi diverse da quelle dei fenomeni dei corpi inorganici, quando la diversità apparente potrebbe derivare onninamente dal singolare insieme delle azioni contemporanee, e pel resto ognuna di queste essere benissimo sottoposta alle leggi medesime di quelle, che hanno effetto nei corpi inorganici. Così ognora più si conferma eziandio il nostro primo canone fondamentale, cioè che tutte le particolarità delle prerogative dei viventi tengono ragione al composto ed aggregato organico, non mai ad una sostanza e ad una forza semplice primitiva, distinta da tutte quelle, che appartengono ai corpi inorganici. Nuovo argomento a riconoscere nei progressi della scienza dei corpi organici non altro, che una crescente dimostrazione delle grandi analogie che passano fra essi e gl'inorganici, salva la grande moltiplicità delle azioni in quelli, e la molta semplicità di esse in questi. Tale analogia cessa soltanto per riguardo al principio della percezione, della volontà e dell'intelligenza . . . ».

Se non che l'entusiasmo per le nuove dottrine fisiche e chimiche velò lo sguardo acuto del Bufalini, fino a fargli ammettere certe ingenue semplificazioni

artificiali di fenomeni naturali assai complessi, fino a fargli accettare la generazione spontanea. « La generazione equivoca — egli dice — o l'eterogenesi è il fenomeno, che, non poco controverso ed ormai fatto indubitabile, dischiude un sì incomprensibile potere della materia, . . . » (64).

« . . . forse essa segue qualche rara volta per semplice accozzamento di certi materiali inorganici sotto certe determinate circostanze, ed il più spesso interviene per alcuni di questi insieme con materie organiche, o morte e disposte alla scomposizione, ovvero viventi, ma in stato di metamorfosi retrograde » (65).

Ossequente all'indirizzo materialistico, meccanicista della scienza, che egli stesso aveva tanto contribuito a creare, scrivendo queste righe egli per un istante dimenticò che il metodo scientifico non dà le prove della generazione spontanea e che tali questioni oltrepassano i confini della scienza positiva, sperimentale.

CAPITOLO IV.

I limiti del metodo sperimentale

1. Ora a me incombe un obbligo assai grave. Mostrata quale è e deve essere l'importanza dell'analisi sperimentale comparativa nello studio delle scienze naturali, debbo ora indagare se i dominii sui quali può stendersi il metodo sperimentale non abbiano limiti, se questi coincidano con quelli d'ogni possibile conoscenza umana; in altre parole, se il metodo sperimentale, comunque esteso e per quanto arricchito di strumenti e di mezzi d'ogni sorta, è e sarà sempre l'unico del quale la nostra mente potrà servirsi per accrescere il patrimonio delle sue conoscenze.

È giustificata o, almeno in parte, è un'illusione la credenza di poter tutto lo scibile conquistare con tal metodo, di poter con esso, prima o poi, attingere ogni lontano punto dell'immensa regione su cui è scritta la parola: *ignoto?* Esistono dominii oscuri, sui quali il metodo sperimentale non può giungere, non può esercitare il suo potere?

Se per conoscenza umana s'intende solo quella che

possiamo procacciarci per mezzo dei nostri sensi, non credo vi sia chi osi dubitare che essa possa acquistarsi unicamente mediante l'uso costante e perfezionato dell'analisi sperimentale comparativa degli obietti delle nostre osservazioni. Certamente a tal genere di conoscenze si riferiscono le parole, portanti impronta di assolutismo, di coloro i quali, come Leonardo da Vinci, Bacone, Maurizio Bufalini, Cl. Bernard, ecc. si sono occupati teoricamente di questioni di metodo.

Non tutti i filosofi sono d'accordo però nell'ammettere che non vi sia altra esperienza possibile, fuori di quella che può fornire l'analisi sperimentale degli obietti estrinseci al nostro Io psichico e l'analisi introspettiva del contenuto della nostra coscienza. I nostri sensi, infatti, non sono che pochi e piccoli spiragli aperti sull'infinito mondo, pochi e imperfetti strumenti capaci di analizzare grossolanamente l'universa energia, della quale solo una piccolissima parte riesciamo così a rendere a noi accessibile, in quelle che distinguiamo col nome di « forme d'energia ». E d'altro canto, il contenuto cosciente del nostro Io non è altro che l'adunazione, comunque modificata, delle percezioni sensoriali.

Inoltre, rimanendo pur nell'àmbito della conoscenza più generalmente ammessa come conseguibile dall'uomo, anche qui l'accordo non è completo. In realtà, l'universale validità del metodo sperimentale è solo ammissibile quando, pur rinunciando alla conoscenza dell'« essenza delle cose » o delle « cose in sè », da

tutti fosse accettato il principio che in tutte le scienze dominino le stesse leggi naturali, comunque complicate, che sono state formulate nel campo delle scienze fisiche, più semplici. Come si neghi la validità assoluta di queste leggi, per es. nel campo delle discipline biologiche o mentali, viene posta una limitazione al metodo sperimentale. Se si ammette che, per esempio, nel determinismo dei fenomeni della vita entri in azione qualche forma d'energia diversa da quelle i cui modi d'agire ci sono stati rivelati dal metodo sperimentale, tale che non si lasci scrutare coi mezzi onde questo metodo dispone, una forma d'energia che non apparisce nei fenomeni della natura anorganica e per la quale l'uomo non possiede un organo di senso ricettore di essa nè direttamente nè indirettamente, ecco che già solo per ciò del metodo sperimentale verrebbe a negarsi l'universale applicabilità, come quello che dei fenomeni organici potrebbe rilevarci solo i fattori fisico-chimici.

Noi dobbiamo quindi, in primo luogo, qui occuparci del valore e dei limiti del « determinismo scientifico », quale dottrina che presume di comprendere e spiegare tutte le forme dell'essere, tutti i fenomeni del cosmo, tutti gli ordini dell'esperienza. È chiaro infatti, che il valore e i limiti del metodo sperimentale sono quelli stessi del determinismo scientifico. Il primo è il metodo del secondo inteso come dottrina. Nacquero insieme, all'inizio del rinascimento delle scienze, con Leonardo da Vinci e Bacone. Trattando dei limiti del secondo, è detto anche di quelli del primo.

2. Ma prima di affrontare un argomento di tanto rilievo, voglio accennare a una limitazione del metodo sperimentale, la quale, appunto perchè ovvia, è sovente trascurata o dimenticata.

Trattando del valore delle ipotesi nelle scienze sperimentali, Cl. Bernard (66) dopo aver detto che « ogni iniziativa sperimentale ha radice nell'idea, poichè è l'idea che provoca l'esperimento », fa notare che « il metodo sperimentale non potrà dare idee nuove e feconde a chi non ne ha per sè stesso; esso servirà soltanto a dirigere le idee di coloro che ne hanno, a fine di ottenerne i migliori resultamenti possibili. L'idea è il seme; il metodo è il terreno che gli fornisce le condizioni necessarie al suo sviluppo e che gli permettono di prosperare e di dare i migliori frutti secondo la sua natura. Ma, come nel terreno non può mai nascere se non ciò che vi si semina, così, mediante il metodo sperimentale, non si possono sviluppare se non le idee trattate con esso metodo. Il quale per sè solo non produce nulla; ed è un errore di certi filosofi l'avere esagerato in questo senso la potenza del metodo ».

... « La scoperta consiste, dunque, nell'*idea nuova* che sorge a proposito d'un fatto nuovo trovato per caso o come che sia. Per conseguenza, un metodo per fare scoperte non può esistere, non potendo le teorie filosofiche dare la facoltà inventiva e la perspicacia della mente a coloro che non la posseggono, nello stesso modo che la cognizione delle teorie acu-

stiche ottiche non può dare un buon udito o una buona vista a chi ne è privo per natura. I buoni metodi non possono se non insegnarci a sviluppare e a meglio utilizzare le facoltà che la natura ci ha accordate, mentre i metodi cattivi possono impedirci di trarne buon profitto. Gli è perciò che il genio inventivo, tanto prezioso nelle scienze, può essere danneggiato e perfino annullato da un cattivo metodo, mentre un metodo buono può accrescerlo e svilupparlo. Insomma, un buon metodo favorisce lo sviluppo scientifico e premunisce lo studioso contro le tante cause d'errore che egli incontra nella ricerca della verità: è questo il solo oggetto che possa aver di mira il metodo sperimentale ».

3. Torniamo ora al « determinismo scientifico », e cerchiamo di farcene un'idea chiara. Ecco quali sono, secondo il Petrone (67), gli elementi costitutivi di esso, inteso come dottrina universale della scienza e della realtà (cito quasi testualmente le parole dell'Autore). — Riduzione dei fenomeni e dei cangiamenti alle condizioni determinanti; universalità del principio di causa ed affermazione del regresso all'infinito, cioè esclusione del concetto di un cominciamento assoluto di alcun fenomeno; determinazione necessaria della direzione del processo causale, ovvero interpretazione analitica della causalità; equivalenza dell'effetto alla causa, del condizionato alle condizioni, del composto alla somma dei componenti semplici; reciprocità assoluta della differenziazione e della integrazione dell'analisi e della sintesi; rigorosa continuità degli an-

tecedenti e dei conseguenti, delle formazioni meno complesse e delle più complesse dell'evoluzione cosmica. Correlativamente, sono eliminate le cause finali, come altro e nuovo e superiore principio d'intelligibilità del reale; messa da parte l'interpretazione sintetica delle stesso principio di causa efficiente; esclusa la possibilità, non che l'esistenza dei cominciamenti assoluti dei fenomeni o dei fenomeni nuovi e irriducibili al determinismo degli antecedenti; bandita la sintesi creatrice, la graduazione gerarchica delle forme e dei valori, la spontaneità della produzione e dell'azione, la libertà.

Di qui il concetto che il determinismo scientifico ci porge dell'ordine genetico dei reali, e il modo onde rende ragione della serie ascendente e progressiva delle esistenze e dei fenomeni del mondo. Continuità rigorosa dell' ordine meccanico nell' ordine fisico, o riduzione del fatto fisico all'equivalente meccanico; continuità dell'ordine fisico e chimico nell'ordine biologico, o riduzione della vita agli elementi ed alle forze della fisica e della chimica; continuità dell'ordine biologico nell'ordine psichico, o riduzione della psicologia alla biologia e dei processi dello spirito agli equivalenti e ai concomitanti organici e fisiologici: e così via. Riduzione monistica, quindi, della pluralità del reale ed inversione dell'ordine progressivo della natura; e, in contrapposto all'intuizione metafisica del mondo, che modellava i reali della natura sul tipo fornito dalla intuizione immediata dello spirito, il determinismo scientifico ricon-

duce il fatto e le determinazioni dello spirito al fatto e alle determinazioni della natura. E il determinismo interno dei fenomeni di ciascuna serie in particolare è ricondotto, e come sospeso, al determinismo estrinseco da serie a serie; e nelle diverse forme del determinismo, nel determinismo fisico come nel determinismo vitale, e in quello psicolologico come in quello sociologico, ricorre sempre l'unico tipo di determinismo, l'unico modello di esplicazione causalistica analitica riduttiva: il *determinismo meccanico.* — Nella nuova scienza, infatti, tutto è meccanica e meccanismo; meccanica molecolare, meccanica dello sviluppo degli organismi, meccanismi vitali, meccanismo della formazione delle idee, meccanismo sociale, ecc.: queste e innumerevoli altre consimili sono le espressioni, di cui non possono più fare a meno gli autori nei loro scritti più disparati, che ci ossessionano inesorabilmente! (68).

È, senza dubbio, una costruzione gigantesca, la quale, con sobrietà di processi e con esattezza di metodi riduttivi, promette di appagare e in gran parte appaga quel prepotente bisogno di causalità che agita la mente umana nell'esperienza dei reali.

Ma la semplicità di questo modo di esplicazione riduttiva ed analitica, se è, per un verso, il segreto della vitalità e della fecondità che esso presenta, in una costruzione matematica delle scienze, segna per altro verso, la sua insufficienza e la sua inadeguatezza al confronto con la complessità crescente delle determinazioni dell'essere.

4. Il determinismo scientifico s'inizia con un presupposto, che è sottratto al cimento della critica: *l'universale determinabilità del reale secondo il principio di causa;* e riesce a un resultamento contrario all'esperienza, cioè all'elisione, dalla sfera del reale, di tutte quelle determinazioni efficienti, le quali non si lasciano costringere nei limiti del suo schema prestabilito. L'incondizionato, l'assoluto sono però altrettanto reali come il condizionato, dicono altri; se il principio di causalità elide forzatamente l'assoluto, ciò non vuol dire che l'assoluto e l'incondizionato non esistano, non sussistano insieme col condizionato e il relativo. Il principio di causalità, sostengono gli oppositori del determinismo meccanico, vale dunque per i fenomini interni di una serie, che è attuale, limitata, finita; ma trova un limite inesorabile nel primo inizio della serie, nel primo antecedente causale, nel primo anello della catena delle cause e degli effetti, come insegna il Renouvier (69).

Non è, in fondo, dalla conoscenza del reale che il determinismo ha tratto il principio di causa; ma è sulla guida di questo principio logico che esso interpreta e *costruisce* il reale. L'intelletto foggia il reale secondo i suoi schemi e le sue categorie, di cui è creatore fecondo. In cambio di accettare e confessare apertamente la limitazione del principio di causa, esso preferisce d'impoverire la vita complessa del reale, per costringere questo entro gli schemi dell'intelletto. E trasferisce ai reali quel limite e quella manchevolezza che è invece propria del suo criterio

ideologico; e traduce — singolare conseguenza! — la non intelligibilità di un dato reale secondo il principio di causa, in una inesistenza o in una impossibilità di esistere dei reali non causati. Dommatico e non critico, il determinismo scientifico traduce nell'ordine dell'esistenza le notazioni diffettose del processo conoscitivo umano.

5. Ma il principio di causalità non implica sólo un rapporto di successione, bensì ancora un rapporto di equivalenza quantitativa fra causa ed effetto.

Un principio fondamentale dell'energetica è, che le varie forme d'energia si convertono l'una nell'altra quantitativamente. Su tale principio è basata tutta la fisica moderna. Il principio della conservazione dell'energia è infatti di una fecondità senza pari, e rappresenta, senza dubbio, una delle più grandi conquiste della mente umana.

E pure, se il principio di causalità — dice sempre il Petrone — non va oltre l'affermazione d'un'equivalenza, d'una conservazione, per quanto fruttuoso esso sia nelle applicazioni pratiche, è tuttavia assai manchevole. Proposto all'esplicazione del diverso, del divenire, del cangiamento fenomenico, riesce invece a dar ragione solo dell'identico, dell' equivalente, dell'aspetto conservativo della natura. Sottostando a una singolare ipnosi, noi rimaniamo paghi quando riesciamo a scoprire l'equivalenza della quantità d'energia in due fenomeni formalmente diversi, che siano l'uno effetto dell'altro, e dimentichiamo che altrettanto, e forse più interessante sarebbe il dare ragione

del trasmutarsi delle forme dell'energia universale. Infatti se in natura v'ha perfezionamento, se esistono differenze di valori, queste sono dovute unicamente a differenze qualitative.

6. Da questa critica del Petrone s'inferisce che il principio di causalità, su cui si basa tutto quanto il determinismo scientifico, non è sufficiente a rendere intelligibili tutti i reali, perchè gli sfugge quello che costituisce come la midolla e la vita della realtà, ciò è il processo delle differenze e dei cangiamenti, la progressione genesi e trasmutazione delle forme, il determinismo delle qualità e dei valori, la sintesi generativa formale del fenomeno.

7. Il gran processo che il metodo scientifico mette in opera, ogni qual volta si accinge alla spiegazione di un fenomeno, è un processo di analisi e di risoluzione del concreto uno e continuo dell'intuizione immediata in particelle componenti, siano queste materiali o meri punti energetici, presupposto che il tutto è equivalente alla somma delle parti. Ma comincia dal dotare gli atomi, ossia le particelle, delle stesse proprietà fondamentali che sono pertinenti al composto; così che, mentre sembra procedere dall'omogeneo all'eterogeneo, il processo si riduce a una semplice circuizione dall'omogeneo all'omogeneo. Dopo aver risoluto, integra; ma la integrazione non è la generazione reale del fenomeno, di cui si propone la spiegazione, perchè la sintesi del composto riesce solo in conseguenza dell'avere anticipatamente trasferito le proprietà del tutto negli elementi integrali

(J.-B. Stallo, loc. cit.). La parte genera il tutto e ne rende la ragion sufficiente, perchè essa è già in anticipazione un tutto in piccolo, un tutto in miniatura. Gli atomi sono stati dotati di tutte le proprietà della materia in movimento: che maraviglia, dunque, che le molecole e le moli possano essere costruite partendo dagli atomi? Nella particella più minuta di protoplasma sono state trasferite tutte le proprietà generali degli organismi complessi: nutrizione, ossidazione, accrescimento, segmentazione ecc. Di particelle di protoplasma si compone una cellula, di cellule un tessuto, di tessuti un organo, di organi un apparecchio o sistema, di apparecchi un organismo, di organismi una famiglia, una società, una specie. Crediamo di spiegare le proprietà dell'organismo mediante le proprietà del protoplasma, che noi invece ignoriamo. La sintesi ritrova nell'intero quello che l'analisi aveva messo nell'elemento.

8. Tuttavia, l'eterogeneo esiste, anzi è il solo che esista, o meglio di cui noi abbiamo conoscenza immediata. L'ipotesi dell'unità fondamentale della materia, dell'unità universale dell'energia è indispensabile alla dottrina del determinismo scientifico; ma oggetto di nostra diretta esperienza è solamente la diversità della materia, la diversità dei fenomeni, degli avvenimenti naturali, delle forme dell'energia. Per rendere ragione di queste diversità, il determinismo scientifico ricorre alla complessità, alla complicazione, all'aggregazione degli elementi semplici omogenei. Le proprietà nuove e differenti non implicano principii e attività speci-

ficamente diverse, ma nascono o emergono dal complicarsi delle relazioni che intervengono fra gli elementi; le formazioni più complesse si originano per integrazione dalle meno complesse. Da ciò la speranza di ridurre, prima o poi, quelle che sembrano piu elevate, fra le formazioni complesse, a quelle semplici e più basse; di analizzare il fenomeno biologico in elementari fenomeni fisico-chimici; di risolvere il fenomeno psichico in fenomeni fisiologici e fisici e chimici. La spiegazione consiste in una risoluzione; la generazione creatrice, in associazione e complicazione integrativa. Ma le differenze sono apparenti, e il còmpito del naturalista filosofo è terminato, quando ha potuto dimostrare che di cellule si compongono tutti gli organismi vegetali e animali; di micelle, più o meno ricche d'acqua d'imbibizione, tutte le cellule; di molecole, tutte le micelle; di atomi ordinarii tutte le molecole; perchè egli è sicuro di applicare la meccanica molecolare e atomica a qual siasi più complicato fenomeno fisiologico. E affinchè scompaia anche la differenza fra gli atomi elementari, la quale contrasta alla dottrina del determinismo scientifico, si aggiunge che gli atomi, in fondo, resultano della stessa materia: più atomi elementari omogenei costituiscono l'atomo di idrogeno, un numero maggiore costituisce quello di solfo, e così via. Di simili risoluzioni in atomi infinitesimi se ne possono fare a piacere: il processo è sempre lo stesso. Recentemente infatti s'è detto, che atomi elettrici, elettrioni, costituiscono gli atomi creduti materiali. Di questo passo si finirebbe forse anche per far scomparire l'eterno dualismo fra materia ed energia.

9. Ma com'è che il diverso aggregarsi delle dette particelle elementari, il vario grado di complessità nella composizione, il complicarsi delle relazioni fanno sì che appaiano sulla terra un protozoo, la foglia verde di una pianta, un celenterato, un mammifero? A tale domanda il determinismo scientifico non risponde. Molti anzi affermano che tali questioni non debbono formare oggetto d'indagine scientifica!

Chiuso in sè, entro un circolo che esso stesso ha tracciato, il determinismo scientifico — dice il Petrone — ignora tutta l'immensa realtà che trovasi al di fuori, anzi ne dichiara apertamente l'inesistenza.

È vero che il limitare l'àmbito della propria attività è un fattore importantissimo di successo e di progresso; ma ciò non può impedire al filosofo di affermare che, saggiato a fondo e alla stregua comparativa e rigorosamente scientifica delle determinazioni progressive della realtà, il determinismo scientifico mette a nudo la fragilità dei suoi processi di risoluzione, denuncia i limiti e le lacune, che ne interrompono la serie continua, tutte le volte che si propone di passare da un ordine di fatti a un altro, da una ad un'altra sintesi creatrice, tutte le volte che il processo delle integrazioni graduali e la moltiplicazione degli intermediarii non giovano a colmare la distanza che passa fra l'ultimo termine di una serie e il primo di un'altra.

10. Questi limiti del determinismo scientifico sono essi, in pari tempo, limiti della intelligibilità del reale? o lo sono soltanto di quella forma di approssimazione

all'intelligenza del reale che è segnata dal pricipio di causa? E se sì, vi sono altri principii che ci aiutino a completare la spiegazione dei fenomeni cosmici, superando i limiti del determinismo?

Quale che sia l'attitudine della filosofia in presenza di cosiffatto problema, e quali che siano i principii e il metodo, con cui essa tenti di render ragione sufficiente di quella parte dei reali che si sottraggono ai processi di risoluzione del determinismo scientifico, l'insufficienza di quest'ultimo, e quindi anche del metodo sperimentale, come dottrina e metodo universali, perdura irreparabile.

I limiti del determinismo scientifico non sono i limiti della conoscenza, nè il metodo sperimentale l'unico metodo possibile; bensì lo sono di quella scienza che ha il predominio nella coltura moderna e che — sarebbe follia negarlo — ha condotto l'uomo a un livello di vita intellettuale e materiale di molto superiore a quello della vita dei nostri antenati. Quella scienza, la si dica positiva o sperimentale o analitica, si traduce, è vero, in un compromesso fra la costruzione matematica e le generalizzazioni dell'esperienza; ma grandi frutti ha prodotto, e grandi vantaggi ha arrecati alla umanità, qualunque sia il grado di approssimazione alla realtà cui l' ha condotta.

11. Terminerò col dire che uno sguardo alle scienze naturali, e particolarmente alla biologia, mostra subito che, in ragione diretta della complessità dei fenomeni di cui si occupa questa scienza, in essa il determinismo meccanico finora ha dato resultamenti

meno numerosi e sicuri, di quelli onde si vantano le altre scienze naturali, specie la fisica e l'astronomia.

Troviamo, infatti, la biologia massimamente inquinata dagli effetti di quelli che Stallo chiama *errori strutturali dell'intelligenza umana*, inquinata di metafisica e di pregiudizii, agitata ancora da aspre discussioni su problemi che la fisica ha da tempo del tutto eliminati dal suo seno; per es., se i processi vitali siano governati esclusivamente da leggi meccaniche e fisiche, o se negli organismi viventi operi una *forza* speciale, detta *vitale;* se, ancora, negli organismi viventi domini il rigido principio di causa, o se in essi esistano forze operanti in vista di fini prestabiliti, di piani ideali da effettuare. Le dispute fra meccanisti e vitalisti, fra deterministi e teleologisti non accennano a cessare, in fisiologia; ma noi non possiamo qui indugiarci su tali questioni, che ci porterebbero troppo oltre i limiti che ci siamo prefissi.

BIBLIOGRAFIA E ANNOTAZIONI

(1) « Il segreto di tutti coloro che fanno delle scoperte è che essi non tengono nulla per impossibile », scrisse J. v. LIEBIG (*Ann. d. Pharm.*, X, pag. 179).

(2) *Filosofia naturale*, parte II, cap. IV.

(3) A. LALANDE, *Letture sulla filosofia delle scienze*. Milano, 1901. Da questo libro furono tolte le considerazioni svolte nei numeri 4, 5, 6 e 7.

(4) *Logik*. Zweite Auflage, Bd. II, I Abth., 1894, pag. 338.

(5) J. B. STALLO, *The concepts and theories of modern physics*. IV edition, London, 1900, pag. 201.

(6) CL. BERNARD, *Introduction à l'étude de la Méd. expér.* Paris, 1865, pag. 41.

(7) W. WUNDT, *Logik*. Bd. II, I Abth., pag. 339-340.

(8) E. MACH, *Popular-wissenschaftl. Vorlesungen*. Leipzig, 1903, III Aufl., pag. 257 e 258.

(9) L. SPALLANZANI, *Opere*. Tom. V: *Memorie sulla Respirazione*. Introduzione, pag. 27-28.

(10) M. VERWORN, *Allgemeine Physiologie*. III Aufl., 1901.

(11) HANS DRIESCH, *Die Biologie als selbständige Grundwissenschaft*. Leipzig, W. Engelmann, 1893.

(12) R. MAYER, *Die organische Bewegung in ihrem Zusammenhange mit dem Stoffwechsel. Ein Beitrag zur Naturkunde*. Heilbronn, 1845. — Idem, *Ueber die Ernährung*, 13 april 1871. — Vedi: R. MAYER, *Die Mechanik der Wärme*. III Aufl., Stuttgart, 1893, pag. 48.

(13) J. LOEB, *The physiological problems of today*, in *Studies in general physiology*. Part. II, pag. 497. Chicago-London, 1905.

(14) CL. BERNARD, *La science expérimentale*. Paris, 1878, pagine 99, 118, 119.

(15) CL. BERNARD, *Introduction à la science exper*. Paris, 1865, pag. 111.

(16) W. ROUX, *Gesammelte Abhandlungen über die Entwicklungsmechanik der Organismen*. Leipzig, W. Engelmann, Bd. I-

II. — Vedi anche: O. Hertwig, *Zeit- und Streitfragen der Biologie*. Heft 2. *Mechanik und Biologie*. Jena, G. Fischer, 1897.

(17) Vedi per maggiori particolari: W. Ostwald, *Vorlesungen über Naturphilosophie*. Leipzig, Veit et Co., 1902, Vorl. XV-XVII.

(18) G. Galeotti, *Ricerche fisico-chimiche sui tessuti animali*. Comunicazione fatta alla Società ital. di Patologia, nel I Congresso del 1903, a Torino. *Lo sperimentale*, 1903.

(19) Loc. cit., pag. 225 e segg.

(20) Loc. cit., pag. 224.

(21) *Nov. Org.*, lib. I, 96.

(22) A. Fouillée, *Rev. d. deux mondes*, 1.° febbraio 1901.

(23) Stallo, loc. cit., pag. 107.

(24) W. Ostwald, *Naturphilosophie*, pag. 214.

(25) *Introduction*, ecc., pag. 48.

(26) Cit. da Cl. Bernard, *Introduction* ecc., pag. 48.

(27) In una lettera del 20 luglio 1844 al Griesinger. Vedi: R. Mayer, *Kleinere Schriften und Briefe*. Stuttgart, 1893, pag. 326.

(28) P. A. Bertauld, *Positivisme et philosophie scientifique*. Paris, 1899, pag. 4 e segg.

(29) R. Mayer, *Ueber Auslösung*. Staatsanzeiger für Würthemberg, 1876. Vedi: *Die Mechanik der Wärme*. Stuttgart, 1893, pag. 442.

(30) G. Kirchoff, *Vorlesungen über mathematische Physik und Mechanik*. Bd. I, 1877, pag. 1, 5 e segg.

(31) E. Mach, *Die Geschichte und die Wurzel des Satzes der Erhaltung der Arbeit*. Prag. Calve'sche Buchhandlung, 1872.

(32) Newton, *Philosophiae naturalis Principia mathematica*.

(33) R. Mayer, *Bemerkungen über das mechanische Aequivalent der Wärme*. Heilbronn, J. U. Landherr, 1851. Vedi: *Die Mech. d. Wärme*. Stuttgart, 1893, pag. 236.

(34) W. Wundt, *Logik*. II Auflage, Bd. I, pag. 615. Nota. Vedi anche pag. 188-189.

(35) S.-H. Poynting, *Considerations sur les lois de la physique*. Adresse à la Section de Mathémat. et de Phys. de la « British Association », 1899. Vedi: *Archiv. d. Sciences phys. et nat.*, vol. CVI, 15 janvier, 1901.

(36) Una delle definizioni più generali di *legge* è data da Montesquieu. Egli dice: « Les lois, dans la signification la plus étendue, sont les rapports nécessaires qui dérivent de la nature des choses; et dans ce sens, tous les êtres ont leur lois... ». Montesquieu, *De l'esprit des lois*. Paris, Firmin-Didot et C.ie, 1883. Liv. prem.: *Des Lois en général*, Ch. I.

(37) Loc. cit., pag. 101.

(38) E. Mach, *Prinzip der Vergleichung in der Physik*. Loc. cit., pag. 281 e segg.

(39) Loc. cit., pag. 66 e segg.

(40) Loc. cit., pag. 67.

(41) M. KASSOWITZ, *Allgemeine Biologie*. Wien, M. Perles, 1899, Bd. I.

(42) STALLO, loc. cit., pag. 109.

(43) J. LOEB, *Einige Bemerkungen über den Begriff, die Geschichte und Literatur der allgemeinen Physiologie. Pflüger's Archiv*, Bd. LXIX, pag. 349, 1897.

(44) A. MARCACCI, *Il concetto d'individualità fisiologica nella determinazione delle leggi della vita*. Discorso. Palermo, 1896.

(45) A. MARCACCI, *L'esperimento biologico in Italia e i suoi caratteri nel passato e nel presente*. Discorso inaug., Perugia, 1887.

(46) Loc. cit., pag. 263.

(47) A. MARCACCI, *Il concetto d'individualità fisiologica ecc.*, pag. 14.

(48) Mai fu data raffigurazione, più volgarmente materiale di questa, della teoria dell'evoluzione!

(49) Qui io non posso dare che una pallida idea di Leonardo quale fondatore del metodo sperimentale. Chi voglia approfondire la materia di questo capitolo legga i due pregevolissimi lavori:

(*a*) E. SOLMI, *Studi sulla filosofia naturale di Leonardo da Vinci*. Modena, G. T. Vincenzi e Nipoti, 1898. Vedi i capitoli: *Preliminari. — La Scienza. — La Coscienza.*

(*b*) E. SOLMI, *Nuovi studi sulla filosofia naturale di Leonardo da Vinci*. Modena, G. T. Vincenzi e Nipoti, 1905. Vedi: *Leonardo da Vinci e il metodo sperimentale nelle ricerche fisiche.*

Le citazioni degli scritti vinciani possono essere riscontrate per comodità nel volumetto di: *Frammenti letterari e filosofici di* LEONARDO DA VINCI, trascelti dal Dr. EDMONDO SOLMI. Firenze, G. Barbèra, 1899.

(50) R. CAVERNI, *Storia del metodo sperimentale in Italia*. Volumi cinque. Firenze, Civelli, 1891-98.

(51) Loc. cit. (*a*), pag. 4.

(52) « Voi vedete adunque che tutti i progressi, che potrà fare la medicina o teorica o pratica, col tempo, non si dovranno aspettare, che dall'esperienza e dall'osservazione; ma bisogna che l'una e l'altra sia guidata dalla ragione, e che presentino un'analisi finissima della verità, che si vuol stabilire. I fatti sciolti, le esperienze slegate, le osservazioni puramente oculari non formeranno mai la base di nuove teorie, o di nuovi principii; e pur troppo abbiamo delle prove di questo anche in molti scrittori moderni ». F. FONTANA, Lettera a M. Gibelin a Aix in Provenza, il 10 luglio 1782. In: *Opuscoli scientifici*, Firenze, 1783, pag. 182.

(53) *Ricordi di Maurizio Bufalini sulla vita e sulle opere proprie*, pubblicati dall'avv. FILIPPO MARIOTTI, deputato al Parlamento. Firenze, Le Monnier, 1875.

(54) M. BUFALINI, *Fondamenti di Patologia analitica*, III edizione. Pesaro, tomo I, 1828; tomo II, 1830. — Tomo I, Prefazione, pag. XIII.

(55) Chi considerasse bene e lungamente queste sagge parole, sarebbe meno incline a vedere grandi differenze essenziali fra i fenomeni vitali e quelli del mondo anorganico, gli uni e gli altri essendo per noi egualmente oscuri quanto al loro ultimo e profondo determinismo.

(56) M. BUFALINI, *Instituzioni di Patologia Analitica*. Firenze, Le Monnier, 1863 (la prima edizione è molto anteriore). *Prolegomeni*, pag. 137.

(57) Milano, Tipogr. della « Società dei Classici Italiani », 1825.

(58) MATTEUCCI, *De la méthode scientifique*. Firenze, Le Monnier, 1844.

(59) Forlì, Tipogr. di Matteo Casali, 1813.

(60) In appendice alle *Instituzioni*. Firenze, Le Monnier, 1860.

(61) *Lo Sperimentale*, vol. XXXIII, pag. 45, 1874.

(62) Firenze, Tipogr. Succ. Le Monnier, 1874. (Estratto dalla *Nuova Antologia*).

(63) *Instituzioni ecc.*, vol. I. *Prolegomeni*, pag. 16.

(64) *Prolegomeni*, pag. 47.

(65) *Prolegomeni*, pag. 60.

(66) *Introduction etc.* Paris, 1865.

(67) I. PETRONE, *I limiti del determinismo scientifico*. Modena, 1900, pag. 22 e segg.

(68) F. FONTANA aveva già scritto, in proposito: « L'ostinazione di non volere usare, nella spiegazione dei fenomeni naturali, che de' principii dedotti dalle più semplici leggi del moto, e degli urti conosciuti fra corpo e corpo, ha ritardato di quasi un secolo i progressi della fisica » (F. FONTANA, *Opuscoli scientifici*, Firenze, G. Cambiasi, 1783. — *Principii generali della solidità e della fluidità de' corpi*, pag. 133).

(69) Ch. RENOUVIER, *Les dilemmes de la métaphysique pure*. Paris, F. Alean, 1901.
